ББК 32.884.19
В80

Составитель **Н. Ф. Назаров**

Рецензент **Н. И. Гаврилин**

В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 93 /
В80 Сост. Н. Ф. Назаров.— М.: ДОСААФ, 1986.—
79 с., ил.
30 к.

Приведены описания конструкций, принципиальные схемы и методика расчета их некоторых узлов. Учтены интересы начинающих и квалифицированных радиолюбителей.
Для широкого круга радиолюбителей.

В $\frac{2402020000-016}{072(02)-86}$ 20—86

ББК 32.884.19
6Ф2.9

ЭЛЕКТРОНИКА В БЫТУ

ТЕРМОМЕТР ЦИФРОВОЙ

А. Шамов, Г. Шик

Цифровой термометр предназначен для измерения температуры в диапазоне от 0 до 99,9 °С. От известных конструкций, например [1—3], его отличает довольно широкий диапазон измеряемых температур, простота конструкции и налаживания. Недостатком термометра является невозможность измерения отрицательных температур. Термометром можно быстро и точно измерить температуру тела человека, температуру растворов, воды, воздуха, фоторастворов, что особенно важно при цветной фотопечати.

Предлагаемый цифровой термометр имеет следующие технические характеристики: диапазон измеряемых температур 0...99,9 °С, разрешающая способиость 0,1 °С; точность измерения: в диапазоне 10...90 °С — 0,1 °С; в диапазоне 0...10 °С — 0,5 °С; в диапазоне 90...99,9 °С — 0,3 °С. Время измерения температуры 1 с; время индикации температуры 3 с. Потребляемая мощность 1 Вт. Габариты 136×100×50 мм, масса 0,3 кг.

Функциональная схема термометра показана на рис. 1. Прибор состоит из пяти основных блоков: преобразователя температура — частота (блок *1*), генератора прямоугольных импульсов (блок *2*), счетчика импульсов с дешифратором (блок *3*), блока питания (*4*) и индикатора (блок *5*).

Блок *1* преобразует прямое падение напряжения на датчике (диоде) в частоту. Импульсы с выхода преобразователя-интегратора заполняют прямоугольные импульсы,

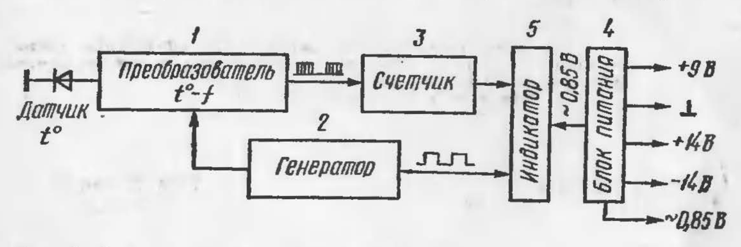


Рис. 1. Функциональная схема термометра

идущие с генератора, и далее поступают на счетчик — блок *3*, который преобразует эти пакеты импульсов в код управления семисегментными индикаторами. Во время счета импульсов индикаторы не горят — они заперты сигналом, приходящим с генератора, который также вырабатывает сигнал сброса показаний в конце цикла индикации. Блок питания *4* вырабатывает все необходимые напряжения для питания блоков термометра.

Принципиальная схема термометра изображена на рис. 2. За основу устройства взят преобразователь температура — частота в электронном термометре с непосредственным отсчетом [4]. Температурная зависимость падения напряжения на *p-n* переходе при фиксированном токе через него и малая нелинейность характеристики температура — напряжение позволяют применять полупроводниковые диоды в качестве датчиков температуры. С такими датчиками можно изготавливать электронные термометры, не вводя в приборы специальные линеаризующие устройства. В преобразователе используется датчик — диод *VD5*, падение напряжения на котором необходимо для работы интегратора. Интегратор собран на операционном усилителе *DA2* К574УД1Б, имеющем большую скорость нарастания выходного напряжения, чем обеспечивается высокая скорость отслеживания и достигается точность преобразования, равная 0,1 °С. Когда интегрирующий конденсатор *C3* заряжается до напряжения —10 В, интегратор сбрасывается однопереходным транзистором *VT2*. Опорное напряжение, задающее порог отпирания однопереходного транзистора и стабилизирующее ток через датчик *VD5*, обеспечивается термостабилизированным стабилизатором *VD3*, *VD4*. Выходное напряжение интегратора через дифференцирующую цепочку *C4R16* поступает на токовый ключ — транзистор *VT3*, формирующий пакеты импульсов. На базу *VT3* приходят сигналы преобразователя и генератора прямоугольных импульсов. Генератор собран на операционном усилителе *DA1* К140УД8Б, обеспечивающем выходное напряжение прямоугольной формы с периодом 4 с. Скважность импульсов устанавливается резистором *R2* так, что отношение длительности импульса к паузе равно 1 : 3. За время длительности импульса, равное 1 с, на вход счетчика поступают импульсы, количество которых пропорцио-

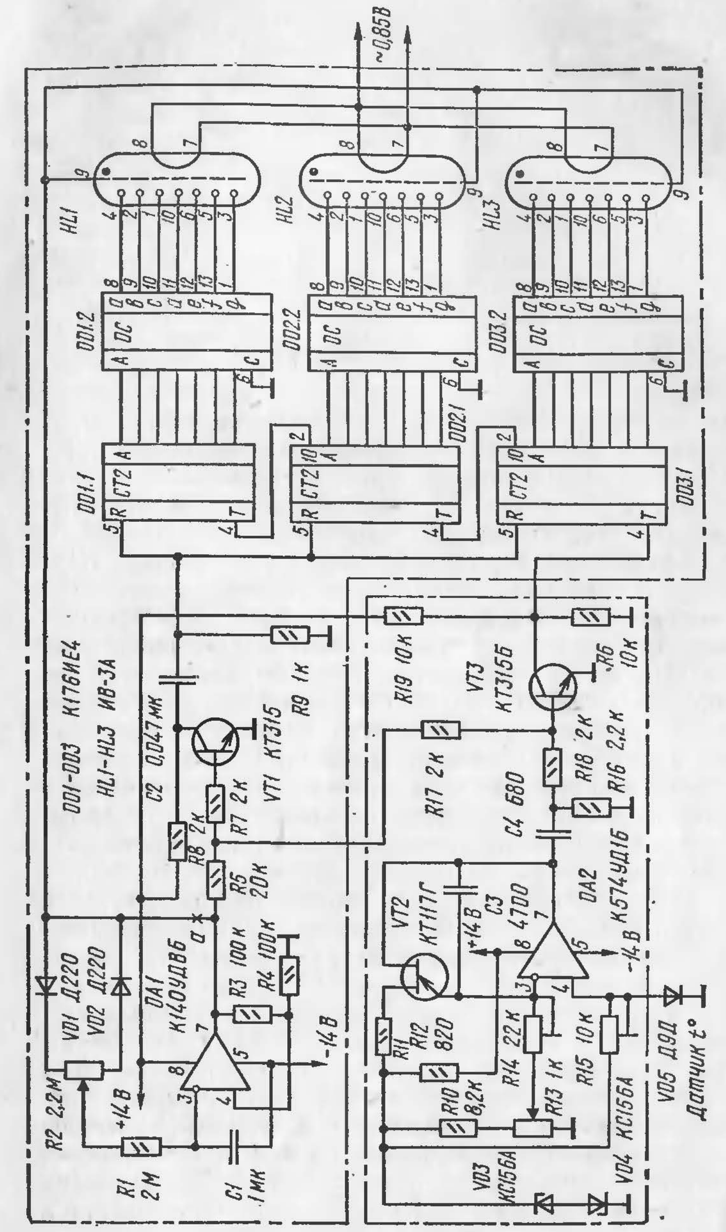


Рис. 2. Принципиальная схема термометра

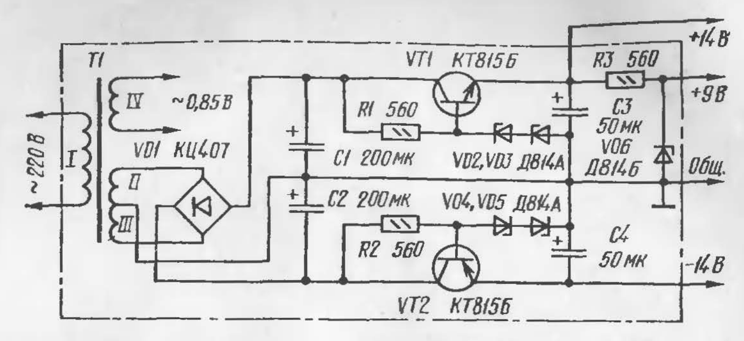


Рис. 3. Принципиальная схема блока питания

нально измеряемой температуре; за время паузы, равное 3 с, эта информация высвечивается индикатором. Во время счета индикаторы заперты напряжением —15 В, приходящим с генератора. После подсчета количества импульсов, пропорционального измеряемой температуре, ключ *VT3* закрывается, лампы *HL1—HL3* в течение 3 с высвечивают информацию, хранящуюся в счетчиках *DD1 — DD3*. В конце периода индикации транзистор *VT1* и дифференцирующая цепочка *C2R9* формируют импульс сброса показаний счетчиков. Для улучшения стабильности работы генератора в качестве конденсатора *C1* применяется конденсатор К73П-3 с малыми токами утечки и хорошей термостабильностью.

Блок питания (рис. 3) собран по распространенной схеме. Опорные напряжения формируются стабилитронами *VD2—VD6*. Сердечник трансформатора питания имеет сечение 2,5 $см^2$. Его первичная обмотка намотана проводом ПЭВ 0,1 и содержит 5000 витков. Вторичные обмотки *II* и *III* намотаны проводом ПЭВ 0,14 и содержат 2×400 витков; обмотка *IV*—20 витков провода ПЭВ 0,31.

Для увеличения точности измерения во всем диапазоне 0...99,9 °С можно использовать кварцевый генератор секундных импульсов, схема которого показана на рис. 4. Задающий генератор собран на микросхеме *DD1* в одном корпусе с двумя делителями частоты. Коэффициент деления первого делителя равен 2^9, а второго 2^6. Генератор с кварцевым резонатором *Z1* формирует последовательность импульсов частотой 2^{15} Гц (32 768 Гц). Эти импульсы подаются на 15-разрядный делитель час-

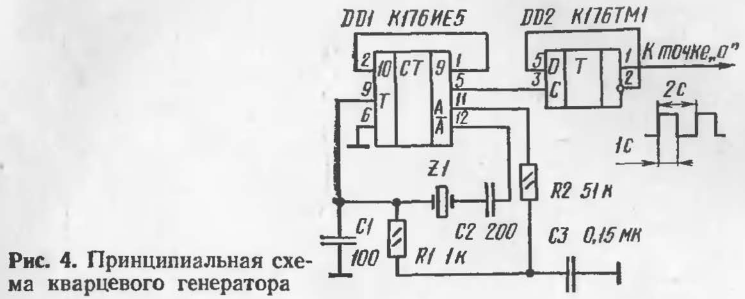


Рис. 4. Принципиальная схема кварцевого генератора

тоты. На выходе *5* микросхемы *DD1* частота генератора понижается до 1 Гц. Для получения прямоугольных импульсов со скважностью 2 и периодом 2 с применен делитель частоты на *D*-триггере (микросхеме *DD2*). С выхода *1* этой микросхемы снимается сигнал частотой 0,5 Гц. Этот сигнал подается на сетки ламп *HL1—HL3* и резистор *R5*, сопротивление которого необходимо уменьшить до 10 кОм. Генератор, собранный по приведенной схеме, имеет хорошую временную и температурную стабильность. В случае использования кварцевого генератора следует переделать печатную плату с учетом изменения схемы (удаляются детали *DA1*, *VD1—VD2*, *R1—R4*, *C1*). Использование кварцевого генератора и термокомпенсированного конденсатора *C3* в преобразователе температура — частота позволяет снизить погрешность измерения в диапазоне 0...99,9 °С до 0,1 °С и менее. Время индикации показаний в этом варианте составляет 1 с.

Конструкция и детали. В термометре применены постоянные резисторы МЛТ 0,125, подстроечные резисторы *R13*, *R14*—СП5-3 проволочные, многооборотные. Применение однооборотных резисторов нежелательно, так как пороги срабатывания интегратора должны быть выставлены очень точно. Резистор *R15* — СП3-1Б или СП3-22. Конденсатор *C3*—К10-23 или КМ4, КМ5. Его лучше составить из нескольких конденсаторов, имеющих ТКЕ разных знаков, так, чтобы суммарный ТКЕ был близок к нулю. Эти меры необходимы для обеспечения максимальной точности измерения температуры. Для этой же цели в преобразователе используется ОУ К574УД1Б. Если достаточна точность измерения не более 0,3...0,5 °С, можно использовать ОУ К140УД8Б. Конденсатор *C1* в генераторе может быть заменен

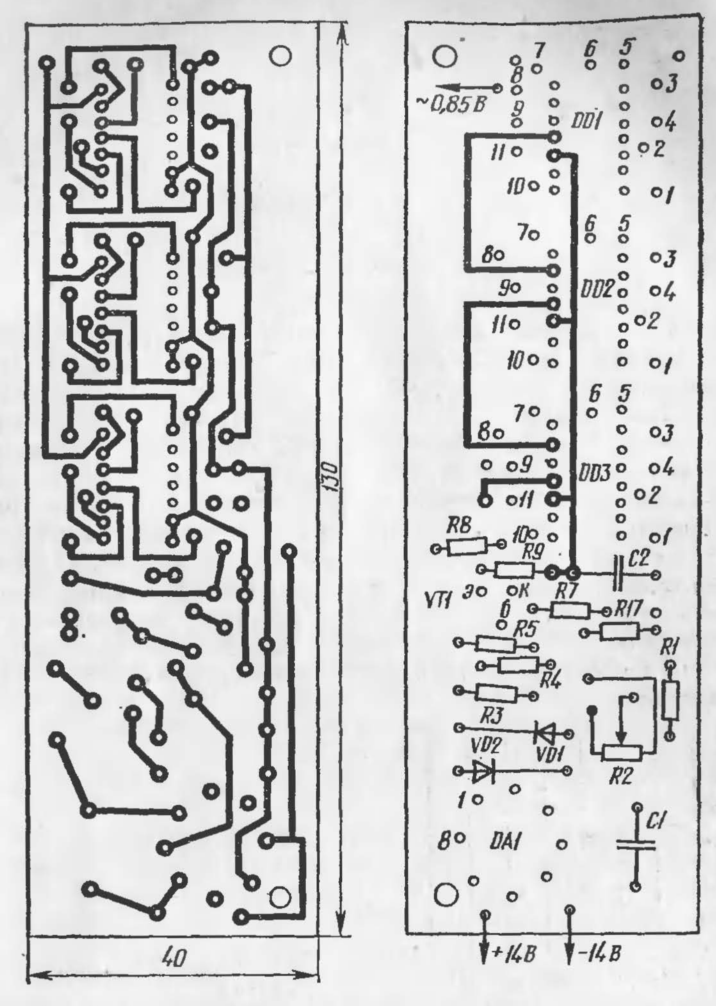


Рис. 5. Печатная плата генератора, счетчика и индикатора

другим, имеющим изоляцию из фторопласта или тефлона, соответствующей емкости и габаритов. Транзисторы блока питания *VT1*, *VT2* могут быть КТ502, КТ503; КТ201, КТ203. Счетчик может быть построен на ИС серии К155, но тогда возрастет потребляемая мощность, потребуется внести изменения в блок питания и блок индикации прибора. Датчик прибора — германиевый

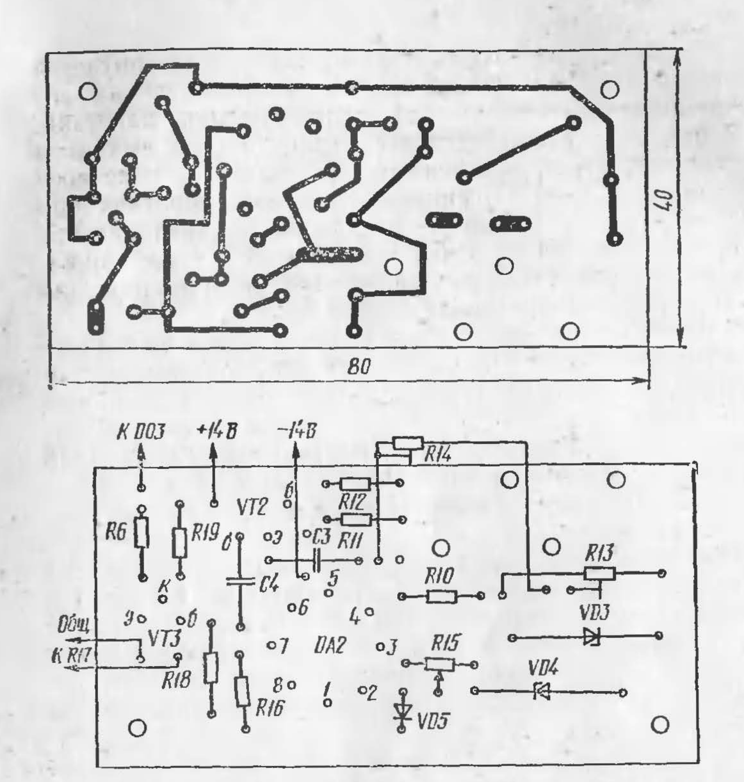


Рис. 6. Печатная плата преобразователя температура — частота

точечный диод Д9. Его выводы согнуты в одну сторону, припаяны к кабелю с фторопластовой изоляцией, на половину корпуса надета трубка из полихлорвинила. Когда датчик опускается в токопроводящую среду, нужно следить, чтобы он не погружался более чем на половину длины корпуса. Для работы в агрессивных средах, с кислотами и щелочами, датчик следует защитить эпоксидной смолой, обеспечивающей его изоляцию и хорошую теплопроводность. Если возникает необходимость использования нескольких датчиков, расположенных в разных местах при точности измерения не более 0,3... 0,5 °С, можно использовать датчики КД518А, предварительно отобрав их по одинаковому падению напряжения при токе через диод 1 мА, также потребуется установить переключатель П2К на необходимое количество датчиков. Для измерения температуры фоторастворов на

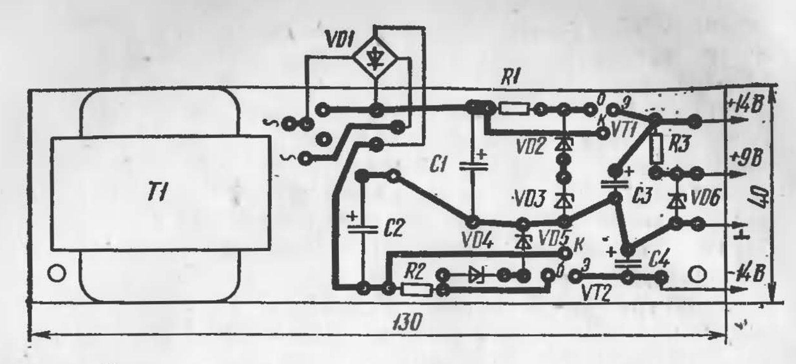


Рис. 7. Печатная плата блока питания

корпусе датчика можно закрепить кусочек пробки или пенопласта так, чтобы подводящие концы датчика были изолированы, а корпус касался измеряемой среды и плавал на ее поверхности.

Весь термометр собран на трех печатных платах из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На одной из них, с габаритами 130×40 мм, из двустороннего стеклотекстолита собран генератор прямоугольных импульсов со счетчиком и индикаторами (рис. 5). На второй, с габаритами 80×40 мм, собран преобразователь температура — частота (рис. 6) и на третьей, с габаритами 130×40 мм, собран блок питания, включая и трансформатор (рис. 7). Платы с помощью уголков крепятся к основанию из гетинакса толщиной 3 и размером 130×90 мм. Все три платы размещены в корпусе размером 135×100×50 мм, спаянном из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм. Корпус оклеен пленкой, имитирующей ценные породы дерева. Окно для считывания показаний на лицевой стороне корпуса термометра закрыто оргстеклом сине-зеленого цвета. Кабель датчика наматывается на выступы на задней стенке термометра. Там же выводится и кабель питания прибора. Для калибровки термометра использовались цифровой частотомер Ч3-32 и цифровой промышленный термометр. При использовании простых термометров и частотомеров точность настройки может достигать 0,3...0,5 °С.

Для калибровки преобразователя от базы транзистора *VT3* отсоединяют генератор и к выходу преобразователя (коллектор *VT3*) присоединяют частотомер. Предварительно резистором *R15* устанавливают ток через датчик *VD5*, равный 1,0 мА. Затем датчик помещают в среду, имеющую температуру 100 °С (кипящая вода), одновременно контролируя температуру термометром. Резистором *R14* устанавливают выходную частоту 1000 Гц. Затем датчик охлаждают до 0 °С (тающий снег) и резистором *R13* срывают колебания интегратора — частота 0 Гц. Эти операции повторяют 3—4 раза для устранения взаимного влияния резисторов *R13* и *R14*. Затем присоединяют генератор к базе транзистора *VT3* и резистором *R2* устанавливают показания счетчика при температуре 99,9 °С, равным 99,9. После этого проверяют линейность устройства во всем диапазоне. При необходимости настройку повторяют.

Литература

1. Алексиев Д. Медицинский термометр.— Радио, 1981, № 9, с. 68.
2. Цифровой термометр.— Радио, 1982, № 4, с. 58.
3. Бронштейн Б., Борбич М. Цифровой термометр.— В помощь радиолюбителю. Вып. 79, с. 50—51.
4. Уильямс, Дургович.— Электроника, 1975, т. 48, № 7, с. 54—55.
5. Майзульс Р. Электронные часы на микромощных интегральных схемах.— В помощь радиолюбителю. Вып. 72, с. 57.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ИНДИКАЦИЕЙ

А. Ануфриев

Для индикации времени в описываемых электронных часах применены вакуумные люминисцентные индикаторы ИВ-4. Кроме цифр, эти индикаторы могут формировать 31 букву русского алфавита, что позволило использовать часы (без нарушения счета времени) для игры с детьми по изучению и составлению простейших слов.

Кроме того, часы могут быть использованы как реле времени для фотопечати с дискретностью изменения выдержки времени 1 с. Выдержку времени можно изменять от 1 до 24 мин.

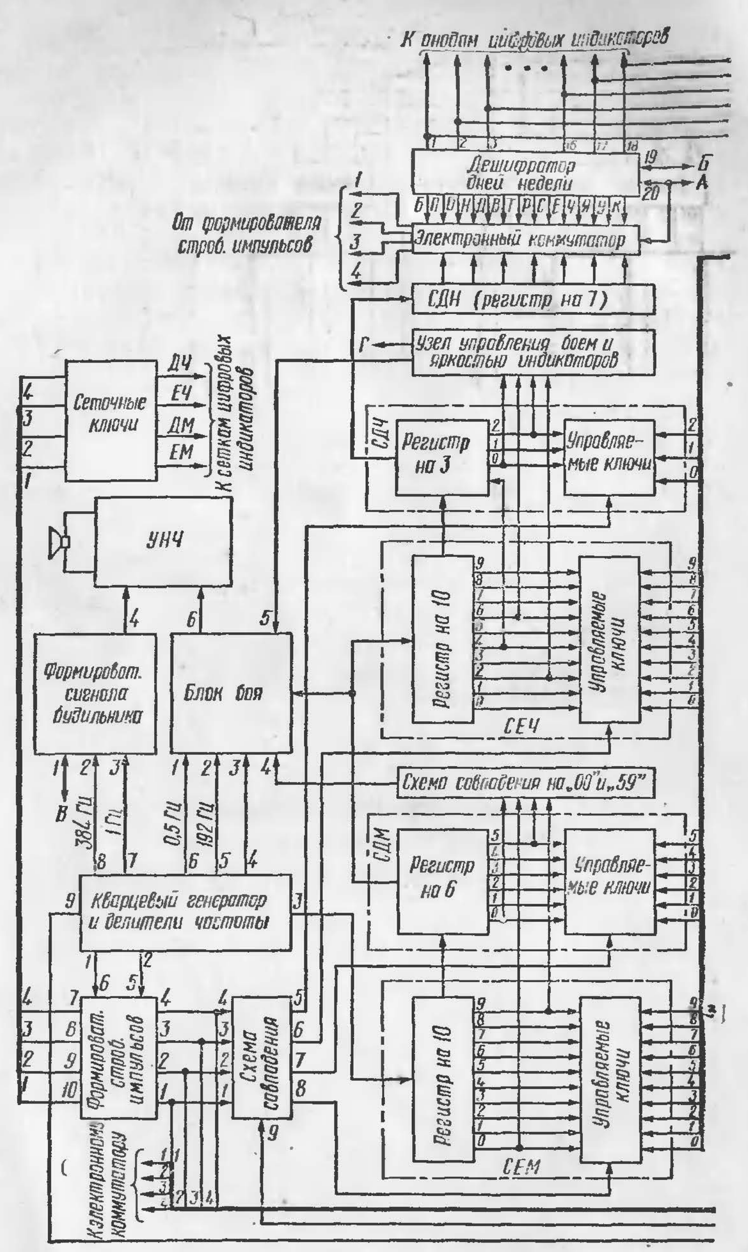


Рис. 1. Функциональная схема

Игровой блок

Цифровой дешифратор

Игровой дешифратор

SA1 SA2 SA3 SA4 SA5 SA6 SA7 SA8

SB1 „Уст. буд."

Управляемые ключи ББ

SB4 „Игра"

Динамическая схема совпадения

Узел управления индикацией

SB3 „Реле"

Узел управления счетом в режиме реле времени

Блокинг-генератор и тринисторный выключатель

+30 В +9 В +5 В ~2,5 В

Блок питания

Сеть ~220 В

В режиме измерения времени часы показывают текущее время с точностью отсчета 1 мин и дни недели. Причем индикация осуществляется одними и теми же индикаторами путем электронного переключения дешифраторов от счетчиков минут и часов к счетчику дней недели (СДН). При этом в течение 6 с индицируется текущее время и в течение 4 с — дни недели и т. д. Каждый час подают звуковые сигналы, имитирующие бой настенных часов или колокола. Количество «ударов» соответствует отсчитываемому времени. Предусмотрена возможность автоматического выключения блока боя в ночное время суток, а также автоматическое уменьшение яркости свечения индикаторов в это же время, что необходимо для исключения их резкого раздражающего воздействия на зрение наблюдателя в условиях темноты.

Электронные часы также снабжены будильником, т. е. устройством, подающим тонально-прерывистый звуковой сигнал в заранее набранное время. Во время установки будильника предусмотрена индикация положений переключателей набора времени на соответствующих индикаторах табло.

Питаются электронные часы от сети переменного тока напряжением 220 В. Потребляемая мощность не превышает 10 Вт, а при отключенной индикации — 8,5 Вт.

Работу электронных часов удобно рассмотреть по функциональной схеме (рис. 1).

Узел кварцевого генератора и делителей частоты определяет точность хода. Вырабатываемый кварцевым генератором импульсный сигнал делится делителями частоты до получения на выходе *3* прямоугольных импульсов с частотой следования 1 мин. Эти импульсы подаются на вход счетчика минут, состоящего из счетчика единиц минут (СЕМ) и счетчика десятков минут (СДМ). На выходе СДМ формируются импульсы с периодом следования 1 ч. Эти импульсы подаются на вход счетчика часов, также состоящего из счетчика единиц (СЕЧ) и десятков (СДЧ) часов. С выхода *4* СЕЧ в СДЧ подан сигнал для установки счетчиков в ноль по достижении записи в них 24 часов. В полночь при сбросе счетчиков часов в ноль на выходе СДЧ формируется импульс, который подается на СДН (регистр на 7). Все счетчики выполнены по принципу сдвигающего регистра. При этом после каждого входного импульса только на одном, соответствующем этому импульсу, выходе счетчика формируется уровень логической 1. С выходов счетчиков минут и часов уровни логической 1 поступают на управляемые ключи, осуществляющие динамическую индикацию состояний счетчиков.

Цифры и буквы в индикаторах ИВ-4 формируются путем гашения неиспользуемых анодов-сегментов за счет шунтирования их диодами дешифратора, соединенными с соответствующими ключами. Ключи представляют собой двухвходовые логические элементы И-НЕ с открытыми коллекторами на выходах. Для формирования текущего времени и дней недели служат соответственно цифровой дешифратор и дешифратор дней недели. Третий дешифратор, названный игровым, обеспечивает формирование букв русского алфавита. Он вместе с переключателями *SA5—SA8* располагается в отдельном выносном блоке, соединяемом с часами с помощью разъема (на схеме не показан).

Введение динамической индикации позволило упростить дешифраторы, уменьшить вчетверо их количество и разместить все элементы электронных часов в небольшом по размерам корпусе. Также упростились коммутация режимов работы часов и связи между дешифраторами, счетчиками и органами управления. При этом удалось сократить количество проводов в жгуте, так как входы цифрового дешифратора и соответствующие выходы управляемых ключей в счетчиках, а также контакты переключателей набора времени будильника (*SA1—SA4*) соединены параллельно.

При динамической индикации формирование цифры в индикаторе происходит после отпирания соответствующего ей ключа и одновременной подачи на сетку этого

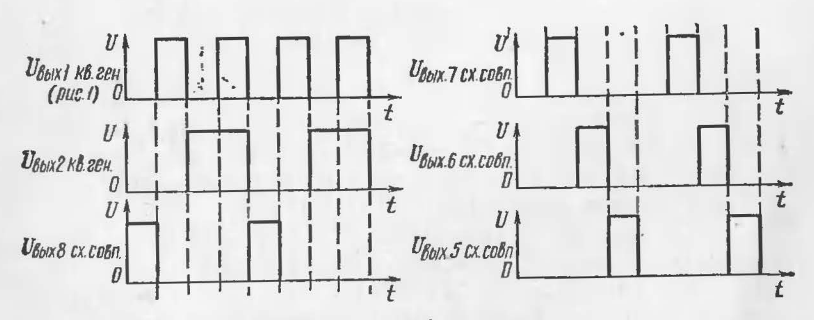


Рис. 2. Временные диаграммы строб-импульсов

индикатора напряжения питания. При этом подготовлены к отпиранию будут только те ключи, на которые с выходов счетчиков поступают логические 1, а отпираются они поочередно в момент прихода положительных стробирующих (тактовых) импульсов от схемы совпадения (выходы *5—8*). Как видно из осциллограмм (рис. 2), строб-импульсы сдвинуты во времени, чем исключается одновременное отпирание нескольких ключей. Вырабатываются они формирователем на элементах И-НЕ за счет инвертирования и последующего конъюктирования прямых и инверсных импульсных сигналов прямоугольной формы, поступающих с выходов *1* и *2* узла кварцевого генератора и делителей частоты.

Одновременно с поступлением на счетчик положительного строб-импульса такой же длительности импульс, но только проинвертированный, поступает от формирователя (выходы *7—10*) на сеточный ключ индикатора, соответствующего этому счетчику. Таким образом, при поступлении на один из счетчиков строб-импульса, разрешающего формировать информацию на дешифраторе, питание подается только на сетку соответствующего этому счетчику индикатора, а за время выработки формирователем четырех строб-импульсов на входы цифрового дешифратора поочередно поступает информация о состоянии всех четырех счетчиков. Эта информация поочередно высвечивается соответствующими индикаторами табло, но так как частота тактовых импульсов достаточно велика (около 400 Гц), создается впечатление непрерывной работы каждой индикаторной лампы.

Схема совпадения служит для запрещения прохождения строб-импульсов от формирователя к счетчикам в те моменты, когда информация на табло должна поступать от дешифратора дней недели или игрового дешифратора. При этом запрет поступает на вход *9* схемы совпадения от узла управления индикацией (выход *3*). Одновременно сигнал запрета (уровень логического 0) поступает на вход *19* цифрового дешифратора для запирания выходных транзисторов входящей в него микросхемы (*DD24* на рис. 4) и предотвращения шунтирования ими анодов индикаторных ламп.

Узел управления индикацией представляет собой счетный триггер с развязывающими инверторами на выходе и диодами. Он предназначен для управления приемом информации цифровым дешифратором или дешифратором дней недели в режиме отсчета текущего времени, а также осуществляет блокировку цифровой индикации на время работы будильника, блока боя, установки будильника и в режиме реле времени для фотопечати. И наоборот, при установке дней недели и переводе часов в игровой режим осуществляет блокировку буквенной индикации.

Сигнал управления триггером индикации поступает с выхода *9* делителей частоты, осуществляя установку его из одного устойчивого состояния (в течение 6 с) в другое (4 с). Меньшее по времени устойчивое состояние триггера используется для разрешения подачи информации на дешифратор дней недели. Дни недели индицируются четырьмя знаками в следующем виде: «Понд», «Втор», «Сред», «Четв», «Пятн», «Субт», «Воск».

Для осуществления динамической индикации дней недели служит электронный коммутатор. Он состоит из 28 управляемых ключей, разбитых на 7 групп. Сигналом логической 1 с одного из выходов СДН всегда подготавливается к отпиранию какая-либо одна группа ключей, соответствующая этому выходу, а следовательно, определенному дню недели. Выходы первой группы ключей соединены с входами дешифратора, обеспечивающими формирование букв П, О, Н, Д. Выходы второй группы соединены с входами В, Т, О, Р и т. д. С приходом от формирователя (выводы *1—4*) положительных строб-импульсов 4 ключа подготовленной к отпиранию группы ключей поочередно отпираются, создавая условия для формирования в соответствующих индикаторах нужных для названия данного дня недели букв.

С выходов *7* и *8* блока делителей частоты подаются импульсные сигналы с частотой следования 1 Гц и около 400 Гц, используемые для формирования сигнала будильника. Этот сигнал начнет вырабатываться, как только на вход *1* формирователя от динамической схемы совпадения поступит уровень логической 1, что произойдет при достижении на часах времени, набранного переключателями *SA1—SA4*. Переключателями *SA1*, *SA2* набирают минуты, а *SA3*, *SA4* — часы.

При нажатии переключателя *SB1* на индикаторах будут индицироваться положения переключателей *SA1—SA4*. Этот режим используют для предварительной установки времени будильника. При этом уровень логического 0 снимается с входа *5* управляемых ключей ББ

(будильника, букв) и подается на вход *2* узла управления индикацией. На выходах *3* и *4* узла управления появляются уровни логического 0, запрещающие подачу информации на дешифраторы со счетчиков. В то же время соединенные с подвижными контактами переключателей *SA1—SA4* входы цифрового дешифратора подключаются к выходам *6—9* управляемых ключей ББ, которые поочередно отпираются поступающими на входы *1—4* строб-импульсами, и на индикаторах высвечиваются установленные положения соответствующих им переключателей.

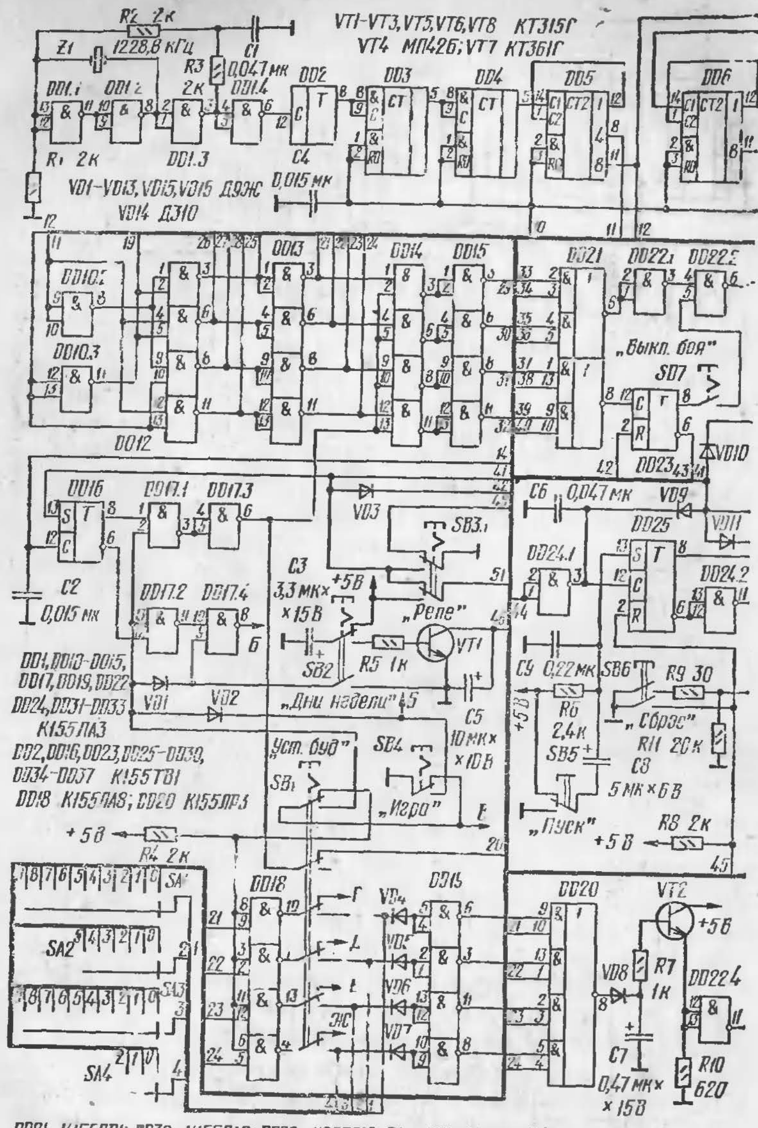
После установки времени будильника переключатель *SB1* возвращают в исходное положение, а управляемые ключи ББ используются для формирования аналогичным образом букв русского алфавита. Буквы устанавливают при помощи переключателей *SA5—SA8*, соединяя соответствующие входы игрового дешифратора с выходами управляемых ключей ББ. Ключи начнут поочередно открываться, как только будет нажат переключатель *SB4* «Игра». При этом уровень логического 0 будет снят с входа *5* управляемых ключей и входа *19* игрового дешифратора, а появится на выходах *3, 4* и *5* узла управления индикацией, запрещая подачу информации на другие дешифраторы и тем самым предотвращая шунтирование ими игрового.

Перевод часов в режим реле времени для фотопечати осуществляется нажатием переключателя *SB3* «Реле». Он снимает уровень логического 0 с блокирующего входа *2* узла управления счетом в режиме реле времени и подает его в узел управления индикацией для блокировки цифровой индикации. Другая группа этого переключателя (на схеме не показана) отключает вход СЕМ от выхода минутных импульсов в делителях частоты и подает на него секундные импульсы. При нажатии клавиши «Пуск» (на схеме не показана) включается узел управления счетом в режиме реле времени, который подает разрешающий сигнал в блокинг-генератор. Последний вырабатывает импульсы, открывающие тринисторный выключатель. Время выдержки набирается переключателями *SA1—SA4*. Как только это время совпадет с отсчитываемым часами, с выхода динамической схемы совпадения поступит сигнал в узел управления счетом (вход *1*), переводящий часы в ждущий режим и запирающий блокинг-генератор,

Для создания звукового сигнала, имитирующего удары колокола, с делителей частоты в блок боя подаются импульсные сигналы формы «меандр» частотой 0,5 Гц и около 200 Гц, а также импульсы длительностью 20 с (выход *4* узла делителей частоты). За минуту до смены состояния часового счетчика от схемы совпадения «00» и «59» поступает разрешающий работу блока сигнал, и с приходом очередного часового импульса часы «отбивают» время. Через минуту после начала работы блок выключается. Выключение блока боя введено для экономии потребления электроэнергии, а также устранения ложных срабатываний от какой-либо помехи. Подробно работа блока боя описана ниже.

Принципиальная схема кварцевого генератора и делителей частоты, формирователей строб-импульсов и сигнала будильника, блока боя и УНЧ, схем совпадений и узлов управления приведены на рис. 3. Принципиальная схема счетчиков минут и часов, цифрового дешифратора и сеточных ключей индикаторных ламп показана на рис. 4. На рис. 5 показана принципиальная схема счетчика и дешифратора дней недели с электронным коммутатором. Схема игрового блока и блока питания с блокинг-генератором показана на рис. 6 и 7 соответственно (уточнения — на рис. 3: адрес *Б* поменять на *А*; выводы *9, 10 DD22.3* соединить; вывод *8 DD35* соединить с выводами *12* и *5 DD36*. На рис. 4: провод *35* должен идти к выводу *8 DD3.3* и к выводу *12 DD10.2*. Провод *32* должен быть *30, 34—8*).

Кварцевый генератор выполнен на микросхеме *DD1*. Он вырабатывает прямоугольные импульсы с частотой следования 1228,8 кГц. Частота этих импульсов последовательно делится на 2, 10, 10, 16 делителями на микросхемах *DD2*, *DD3*, *DD4* и *DD5*, затем на 2 счетным триггером микросхемы *DD9*, на *16* и *12* делителями *DD6* и *DD7*. На выходе *8* микросхемы *DD7* формируются импульсы с частотой следования 1 Гц, которые поступают на вход *C1* микросхемы *DD8*. На этой микросхеме и трех оставшихся триггерах микросхемы *DD9* выполнен делитель на 60. С выхода *8* микросхемы *DD9* проинвертированные элементом *DD10.1* минутные импульсы поступают на генератор одиночных импульсов (*DD11*). Необходимость инвертирования минутных импульсов вызвана тем, что D-триггеры, на которых



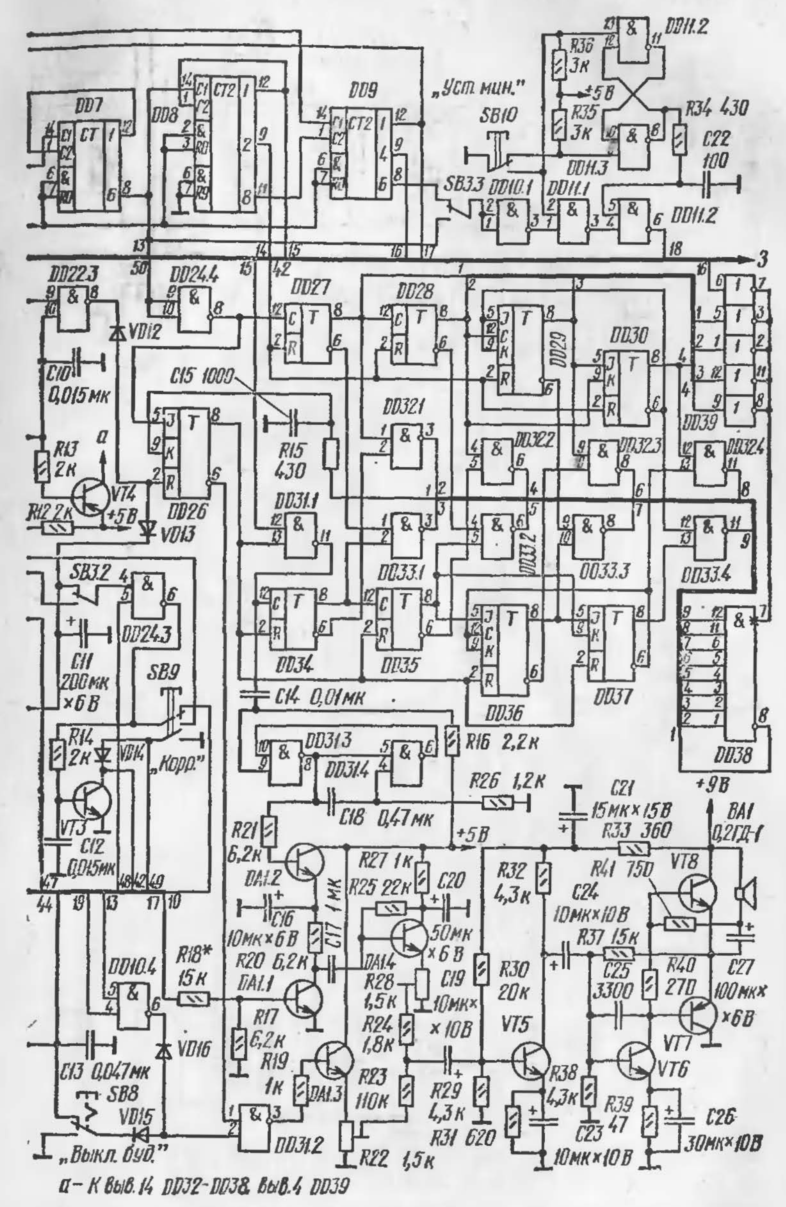


Рис. 3. Принципиальная схема узлов коммутации, кварцевого генератора, делителей частоты, формирователей строб-импульсов, сигнала будильника, блока боя и УНЧ

Н2-Н4 ИВ-4
VT3-VT8 КТ315В
R3,R5,R7 2к; R4,R6,R8 15к
VD9-VD43 Д9Ж
R9-R14, R16-R25 20к
Н1 ИВ-4
R2 15к
VT1 КТ315В
VT2 КТ315В
R1 2к
R15 10к
+30В
К анодам ламп Н1-Н4
К узлу коммутации (рис.3)

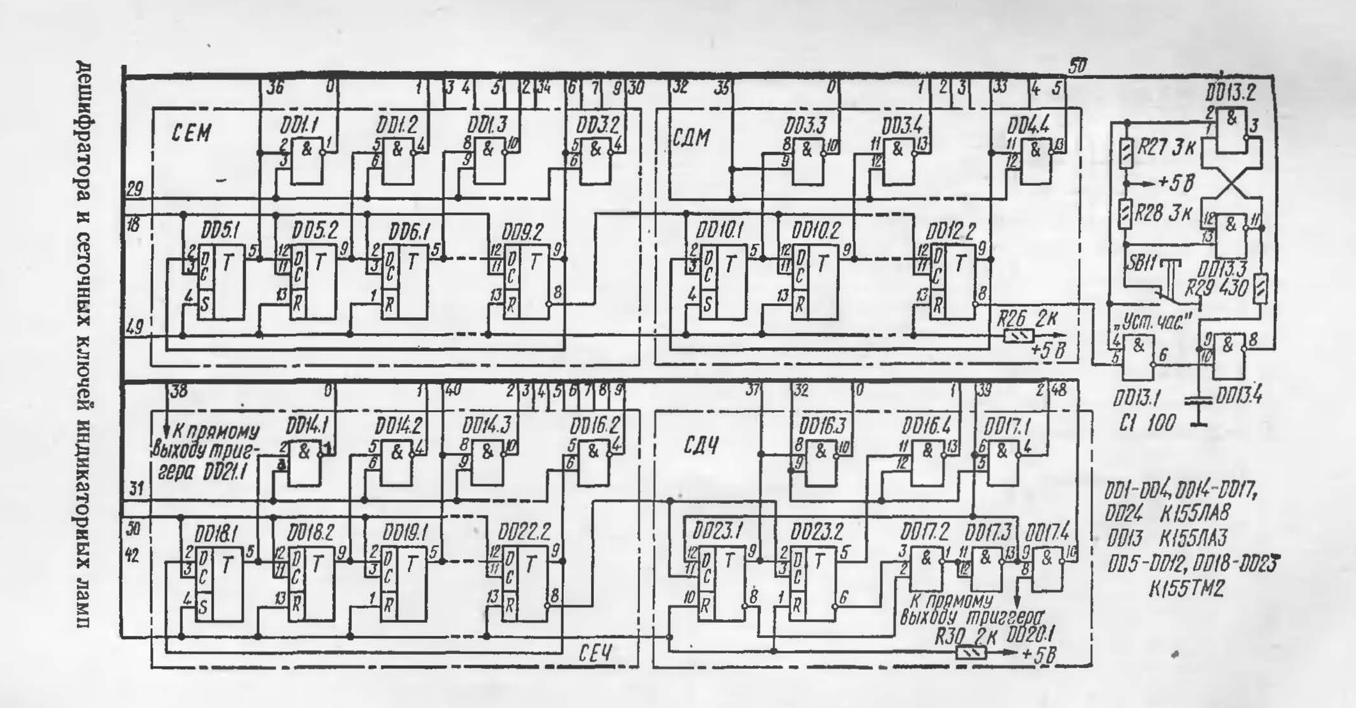
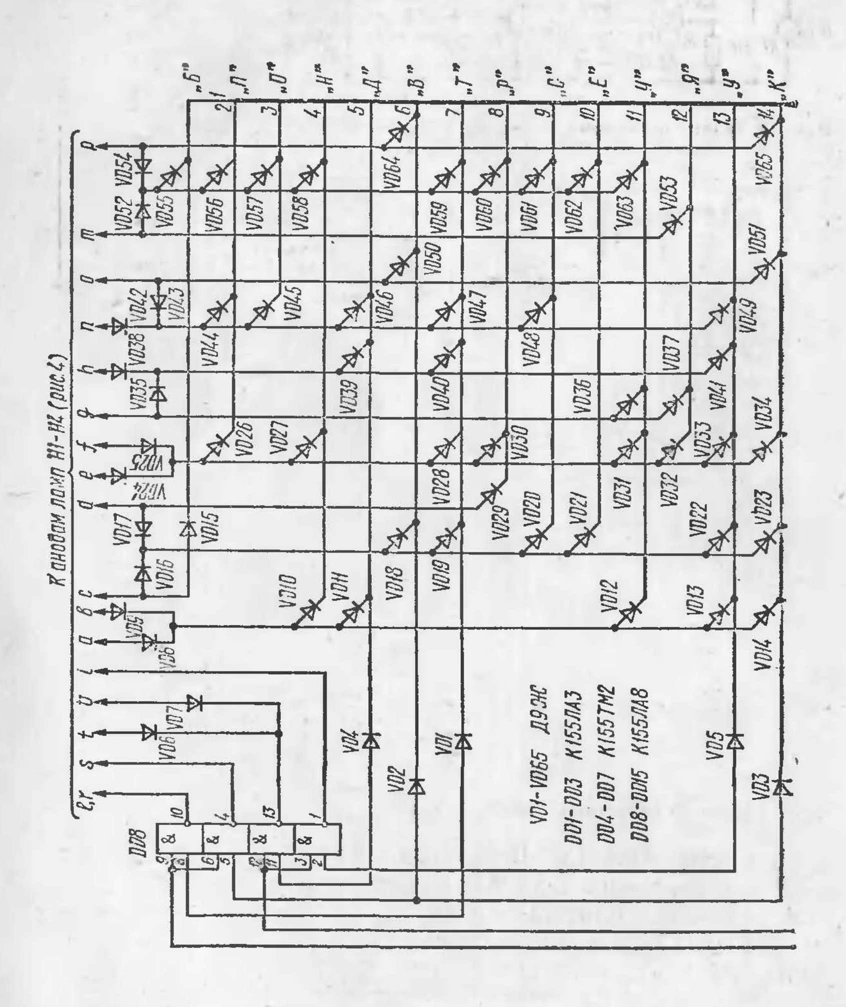


Рис. 4. Принципиальная схема счетчиков часов и минут, цифрового дешифратора и сеточных ключей индикаторных ламп

построены счетчики времени, в отличие от делителей частоты переключаются положительными перепадами напряжения.

С выхода генератора одиночных импульсов (вывод *6* элемента *DD11.4*) минутные импульсы поступают на вход СЕМ (см. рис. 4). Генератор одиночных импульсов позволяет избавиться от дребезга контактов кнопки *SB10*,



которая служит для предварительной установки счетчика минут. Инверторами *DD11.2* и *DD11.3* образован *RS*-триггер. Нулевой потенциал, прикладываемый при нажатии *SB10* к одному из входов триггера, устанавливает его в одно устойчивое состояние, а при отпускании — в другое. В момент нажатия *SB10* на выходе *6* элемента *DD11.4* появляется положительный перепад

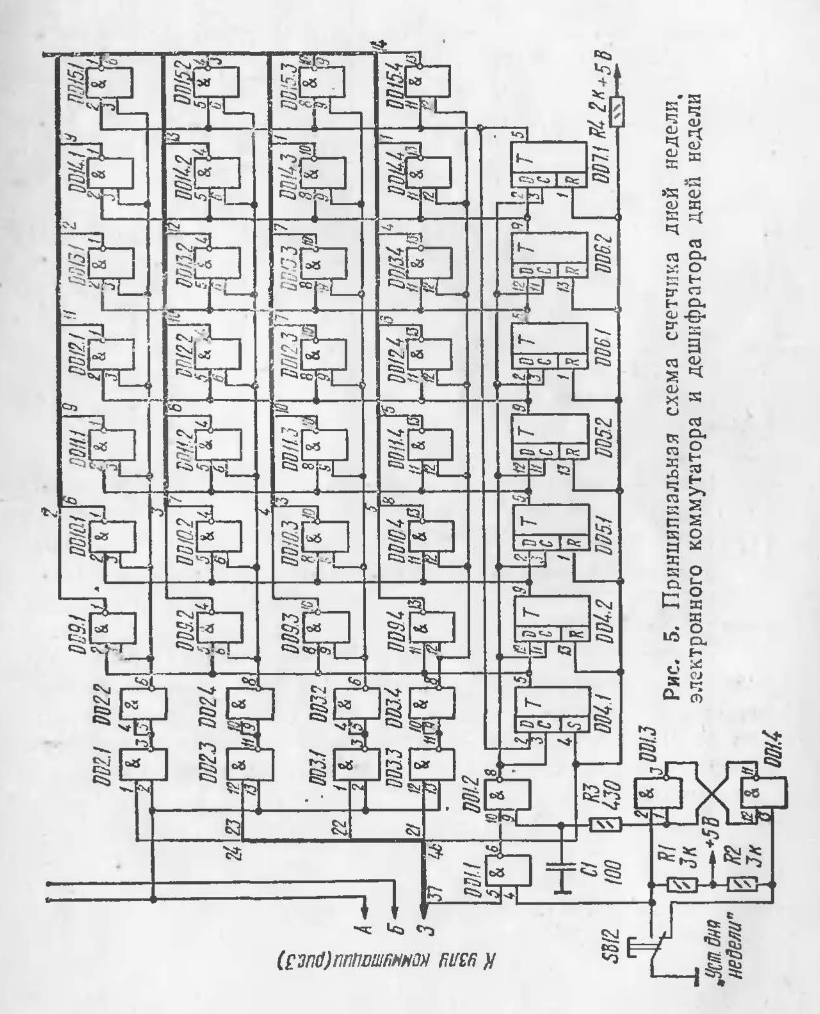


Рис. 5. Принципиальная схема счетчика дней недели, электронного коммутатора и дешифратора дней недели

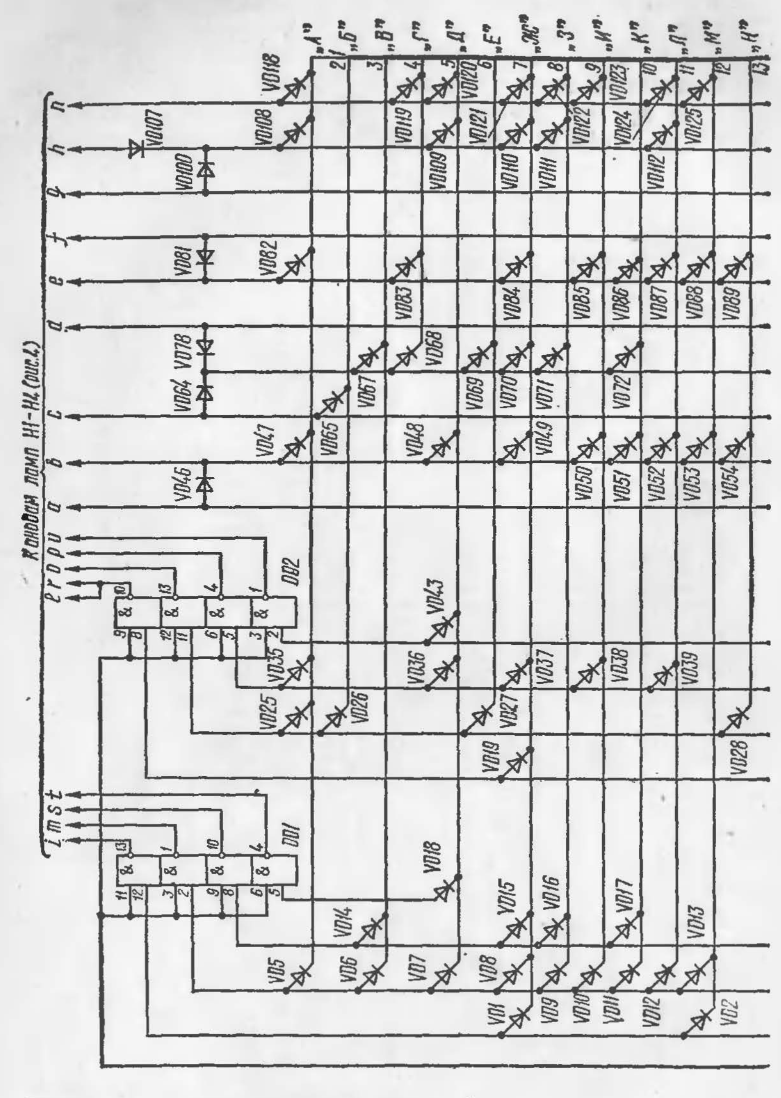
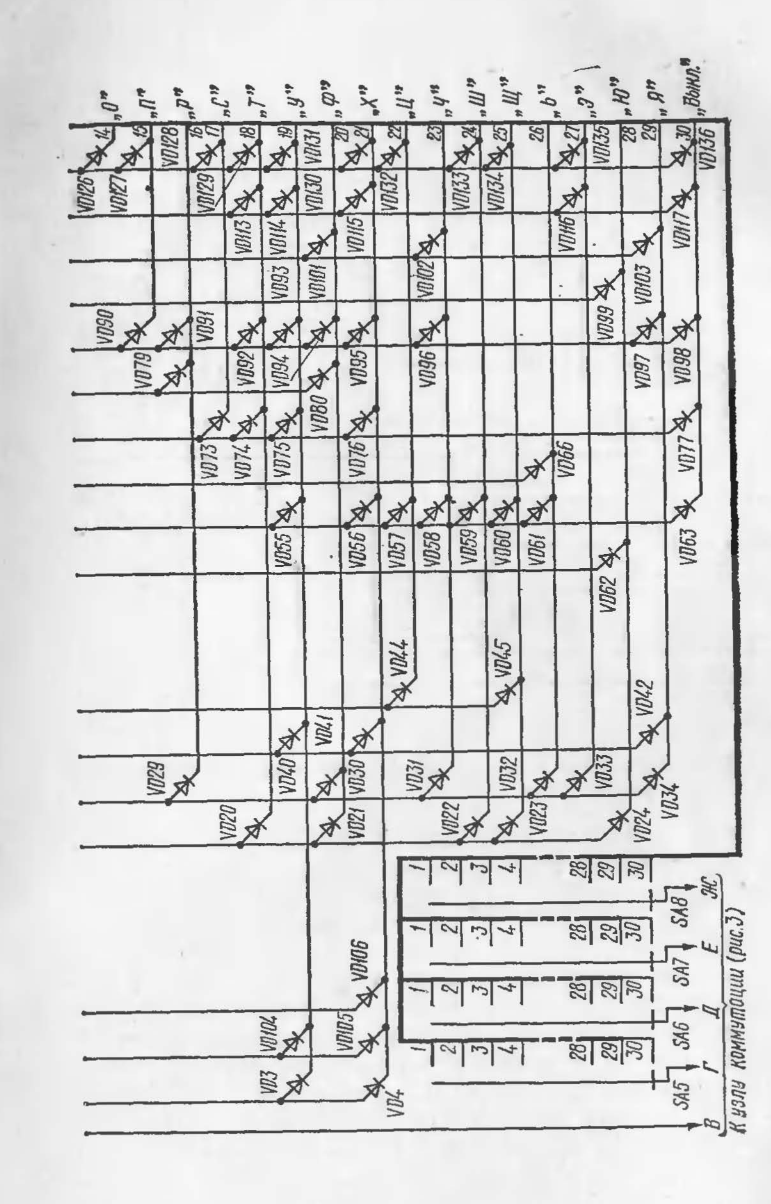


Рис. 6. Принципиальная схема игрового блока



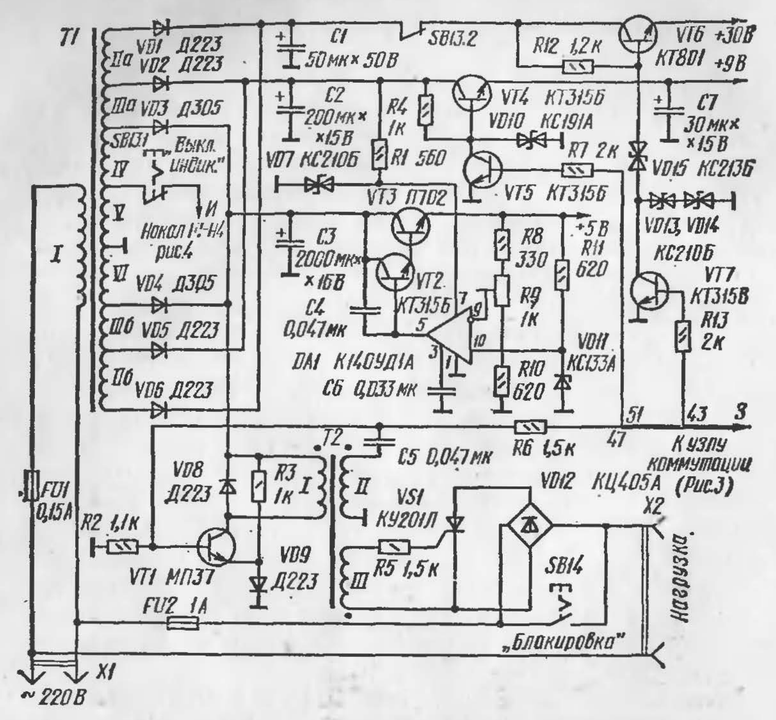


Рис. 7. Принципиальная схема блока питания, блокинг-генератора и тринисторного выключателя

напряжения, изменяющий состояние СЕМ на единицу. Однако так будет только тогда, когда на входе *4* элемента *DD11.4* присутствует уровень логической 1, а на входе 1 элемента *DD11.1* соответственно уровень логического 0.

Для того чтобы можно было установить счетчик минут при любом выходном уровне делителя частоты, не вводя дополнительной коммутации, использованы вход *2* элемента *DD11.1* и интегрирующая цепочка *R34C22*. Когда на выходе элемента *DD10.1* присутствует единичный уровень (делители частоты в нулевом состоянии), введение цепочки *R34C22* позволяет в момент нажатия кнопки *SB10* задерживать высокий логический уровень на входе *5* элемента *DD11.4* и получать единицу одновременно на обоих входах этого элемента. При этом на его выходе формируется короткий отрицательный импульс, изменяющий задним фронтом состояние счетчика минут.

При включении часов в сеть делители частоты и счетчики минут и часов устанавливаются в нулевое состояние следующим образом. В момент включения конденсатор *C11* медленно заряжается входным током элемента *DD24.3*, сохраняя некоторое время на входе *4* этого элемента уровень логического 0. На выходе инвертора возникает высокий логический уровень, поступающий через нормально замкнутые контакты кнопки *SB9* в цепь сброса делителей частоты и устанавливающий их в нулевое состояние. Одновременно отпирается транзистор *VT3*, соединяя с общим проводом цепь сброса счетчика часов, а через диод *VD14* и цепь сброса счетчика минут. Через 1...1,5 с конденсатор *C11* зарядится. На выходе инвертора *DD24.3* появится уровень логического 0, запирая транзистор *VT3* и разрешая работу делителей частоты. Выставить на часах нули можно и вручную, нажимая на кнопку *SB6* «Сброс». При этом конденсатор *C11* быстро разряжается через резистор *R9*, создавая уровень логического 0 на входе *4* инвертора *DD24.3*. На вход *5* этого инвертора подается уровень нуля по достижении на часах 24 ч, в результате часовой счетчик сбрасывается в ноль.

Конденсатор *C12* устраняет сброс часового счетчика (из-за короткого положительного скачка через диод *VD11*) в момент нажатия кнопки *SB9* «Коррекция». *SB9* служит для ручной коррекции хода часов по сигналам точного времени. Ее нажимают до подачи шестого сигнала. При этом цепь сброса делителей частоты отключается от выхода инвертора *DD24.3*, что равносильно подаче на нее единичного уровня. Одновременно к общему проводу подсоединяется цепь сброса счетчика минут. С началом шестого сигнала кнопку *SB9* отпускают.

На элементах *DD10.2*, *DD10.3*, *DD12*, *DD13* выполнен формирователь строб-импульсов. С выходов *8* и *11* микросхемы *DD5* прямоугольные импульсы формы «меандр» с частотами соответственно 768 и 384 Гц поступают на элементы И-НЕ *DD10.2*, *DD10.3* и *DD12*. На выходах микросхемы *DD12* формируются сдвинутые во времени отрицательные импульсы, подаваемые на сеточные ключи индикаторных ламп (см. рис. 4). Проинвертированные микросхемой *DD13* эти импульсы уже в положи-

тельной полярности подаются на схему совпадения на микросхеме *DD14*. С выходов микросхемы *DD14*, если на входах *2*, *5*, *10*, *13* последней присутствует логическая 1, строб-импульсы, вновь проинвертированные инверторами *DD15* для сохранения положительной полярности, поступают в счетчики минут и часов, поочередно отпирая в них те ключи, на вторых входах которых с выходов регистров присутствуют уровни логической 1.

На микросхемах *DD16*, *DD17* выполнен узел управления индикацией. В момент включения часов вход *13* триггера *DD16* будет зашунтирован диодом *VD3* через отпертый транзистор *VT3*, и триггер установится в единичное состояние. Пока он находится в этом состоянии, индицируется состояние счетчиков минут и часов. При этом с выхода инвертора *DD17.3* на схему совпадения (*DD14*) и на микросхему *DD24* (см. рис. 4) в цифровом дешифраторе (провод 20 в жгуте) подается уровень логической 1. С выхода инвертора *DD17.4* подается логический 0 в электронный коммутатор и дешифратор дней недели (см. рис. 5), запрещающий прием информации с СДН и исключающий шунтирование микросхемой *DD8* дешифратора анодов *b*, *r* и *s* индикаторных ламп.

С приходом на счетный вход триггера *DD16* отрицательного перепада с вывода *9* микросхемы *DD8* он установится в нулевое состояние. Напряжения на выходах *DD17.3* и *DD17.4* изменятся на обратные и будет индицироваться день недели.

Переключатель *SB2* служит для постоянной индикации состояния СДН при его предварительной установке. При нажатии на *SB2* заряженный конденсатор *C3* подключается к базе транзистора *VT1* и отпирает его. В результате цепь сброса СДН на время разрядки конденсатора соединяется с общим проводом, и счетчик устанавливается в исходное состояние, соответствующее индикации первого дня недели «Понд». Пока переключатель *SB2* будет нажат, на входе *9* элемента *DD17.4* и входе *2* элемента *DD17.1* будет уровень логического 0, а на выходах *DD17.3* и *DD17.4* соответственно 0 и 1. Поэтому информация будет воспроизводиться только с СДН. После установки дня недели переключатель *SB2* возвращают в исходное положение, а индикация той или иной информации будет определяться состоянием триггера *DD16*.

Переключателем *SB4* «Игра» часы переводят в игровой режим. При его нажатии на вход Б дешифратора дней недели подается уровень нуля, и диодом *VD2* шунтируются вход *2* элемента *DD17.1* и вход *13* элемента *DD17.2*. В результате на выходах элементов *DD17.3* и *DD17.4* будет уровень логического 0, что запрещает подачу информации со счетчиков времени и дней недели и исключает шунтирующее действие выходных транзисторов микросхем, входящих в состав соответствующих дешифраторов. Одновременно будет снят уровень нуля с входа *В* игрового дешифратора и с входов *8*, *3*, *11*, *6* микросхемы *DD18*. На микросхеме *DD18* выполнены управляемые ключи ББ, которые, как только с их управляющих входов будет снят нулевой потенциал, начнут поочередно открываться положительными строб-импульсами, поступающими на входы *9*, *2*, *12*, *5*. Выходы управляемых ключей ББ через нормально замкнутые контакты переключателя *SB1* соединены с подвижными контактами переключателей *SA5*—*SA8* игрового блока (см. рис. 6). При этом на соответствующих им индикаторах формируются буквы русского алфавита. При возвращении переключателя *SB4* в исходное положение часы продолжают индицировать отсчитываемое время.

Переключатель *SB1* «Установка будильника» служит для осуществления индикации положений переключателей набора времени (*SA1*—*SA4*) при установке будильника. При его нажатии выходы управляемых ключей ББ отключаются от игрового дешифратора и соединяются с подвижными контактами переключателей *SA1*—*SA4*. На выходах элементов *DD17.3* и *DD17.4* появляются уровни нуля, запрещая подачу информации на дешифраторы со счетчиков. Одновременно нуль снимается с провода 20 жгута и с управляющих входов микросхемы *DD18*. В результате на индикаторах формируются цифры, которые соответствуют входам цифрового дешифратора (см. рис. 4), соединенным с подвижными контактами переключателей *SA1*—*SA4*.

На микросхемах *DD19*, *DD20*, транзисторе *VT2* и инверторе *DD22.4* выполнена динамическая схема совпадения, вырабатывающая разрешающий сигнал для работы будильника при совпадении отсчитываемого часами времени с заранее набранным переключателями *SA1*—*SA4*. При этом в моменты открывания управляемых ключей в счетчиках минут и часов, с которыми соеди-

нены подвижные контакты переключателей, на входы *9, 13, 2, 5* микросхемы *DD20* поочередно поступают единичные уровни. Синхронно с ними на вторые входы (*10, 1, 3, 4*) этой микросхемы поступают положительные строб-импульсы. Таким образом, во время всего цикла съема информации со счетчиков на выходе *8* микросхемы *DD20* находится уровень нуля, транзистор *VT2* заперт, и на выходе инвертора *DD22.4* присутствует логическая 1. На вход *2* элемента *DD31.2* с выхода элемента *DD10.4* беспрепятственно проходит импульсный сигнал, прерываемый каждую секунду времени на полсекунды. Для создания прерывистого сигнала на входы *5* и *4* элемента *DD10.4* подаются сигналы частотой соответственно 1 и 384 Гц. С выхода инвертора *DD31.2* сигнал будильника поступает в УНЧ. Резистором *R22* регулируют его уровень.

Сигнал будильника, воспроизводимый громкоговорителем *BA1*, будет звучать в течение 1 мин, пока не изменится состояние СЕМ. При этом с подвижного контакта переключателя *SA1* начнет постоянно поступать единичный уровень, и в моменты прихода на вход *10* микросхемы *DD20* строб-импульсов на другом ее входе *9* будет находиться нуль. На выходе микросхемы *DD20* будут присутствовать положительные импульсы, заряжающие конденсатор *C7* и отпирающие транзистор *VT2*. За счет большой постоянной времени цепи разрядки конденсатор *C7* не будет успевать разряжаться в промежутках между импульсами, и транзистор *VT2* будет постоянно отперт. В результате на выходе инвертора *DD22.4* окажется нулевой потенциал, и диод *VD15* зашунтирует вход *2* элемента *DD31.2*, препятствуя прохождению сигнала будильника на УНЧ. Выключать будильник можно также и нажатием переключателя *SB8*.

На элементах *DD24.1*, *DD24.2* и триггере *DD25* выполнен узел управления счетом в режиме реле времени для фотопечати. В этот режим часы переводят переключателем *SB3* «Реле», имеющим четыре группы контактов. Верхняя по схеме группа *SB3.1* снимает нуль с входа *R* триггера *DD25* и подает его на вход *S* триггера *DD16*, который, блокируясь в единичном состоянии, разрешает прием информации только со счетчиков минут и часов. Нижняя по схеме группа *SB3.1* выключает питание УНЧ путем подачи на базу ключевого транзистора *VT5* в блоке питания напряжения +5 В. Группа контактов *SB3.2* соединяет формирователь сигнала сброса с прямым выходом триггера *DD25*, находящегося в нулевом состоянии. При этом делители и счетчики сбрасываются в нуль и блокируются в ждущем режиме. При необходимости в этот режим их можно перевести нажатием кнопки «Сброс» (*SB6*). Характерной особенностью ждущего режима является то, что динамическая индикация не работает и только на индикаторе единиц минут светится цифра 0. Группа контактов *SB3.3* отключает СЕМ от выхода минутных импульсов и подключает его к выходу секундных импульсов. При нажатии кнопки *SB5* «Пуск» триггер *DD25* переключится в единичное положение. С выхода буферного инвертора *DD24.2* уровень логической 1 поступит в блокинг-генератор (см. рис. 7), который начнет вырабатывать импульсы, отпирающие тринистор. В лампе фотоувеличителя начнет протекать ток. Как только отсчитываемое время будет равно набранному переключателями *SA1—SA4*, на выходе инвертора *DD22.4* появится уровень единицы, а на выходе инвертора *DD24.1* — уровень нуля. Этот отрицательный перепад напряжения переведет триггер *DD25* в исходное положение, и счет времени прекратится. Часы вновь перейдут в ждущий режим. Одновременно на выходе инвертора *DD24.2* появится уровень нуля, приводящий к выключению фотоувеличителя.

На верхнем по схеме элементе И-ИЛИ-НЕ микросхемы *DD21*, инверторах *DD22.1—DD22.3* и транзисторе *VT4* выполнена схема совпадения «00» и «59», управляющая включением блока боя. Блок боя состоит из двух счетчиков емкостью 12 единиц (микросхемы *DD27—DD30* и *DD34—DD37*), компаратора кодов этих счетчиков (*DD32*, *DD33*, *DD38*), триггера сброса (*DD26*), элементов совпадения (*DD31.1*, *DD39*), ждущего мультивибратора (*DD31.3*, *DD31.4*) и имитатора сигнала боя (транзисторы *DA1.1* и *DA1.2*).

При достижении счетчиком минут состояния 59 на входы *2* и *3* микросхемы *DD21* поступают уровни единицы, и на ее выходе *6* появляется уровень нуля. Дважды проинвертированный инверторами *DD22.1* и *DD22.2* нулевой уровень поступает в базу транзистора *VT4*. Между базой и эмиттером последнего появляется открывающее его напряжение (около 5 В). Через открытый транзистор *VT4* напряжение питания +5 В поступает на микросхемы *DD32—DD39*. Одновременно на выходе *8*

инвертора *DD22.3* формируется логическая 1, и диод *VD12* перестает шунтировать вход *R* триггера *DD26*.

С приходом очередного минутного импульса счетчик минут обнуляется, и на вход СЕЧ поступает часовой импульс. Этот импульс, проинвертированный *DD24.4*, поступает также на блок боя, записываясь в рабочий счетчик (*DD27—DD30*) и переворачивая триггер *DD26* в единичное состояние. При этом транзистор *VT4* остается открытым, так как на входы *4* и *5* микросхемы *DD21* со счетчика минут поступают уровни логической 1, и на выходе *6* элемента *DD22.2* сохраняется уровень логического 0. Конденсатор *C10* устраняет сбой триггера *DD26* при переходе состояния счетчика минут с 59 на 00. С инверсного выхода триггера *DD26* на элемент *DD31.2* поступает уровень логического 0, запрещающий работу будильника. Это необходимо, если предварительно набранное время будильника совпадет с работой блока боя. С прямого выхода триггера *DD26* логическая 1 поступает на вход *13* элемента *DD31.1*, на другой вход которого непрерывно подаются тактовые импульсы с периодом следования 2 с. Триггер разрешает прохождение импульсов на запись в служебный счетчик (*DD34—DD37*) и на ждущий мультивибратор.

По достижении равенства кодов рабочего и служебного счетчиков на всех 8 входах элемента *DD38* окажется уровень логической 1, а на его выходе — уровень логического 0, который переведет триггер *DD26* в исходное положение. Последний, в свою очередь, запретит прохождение тактовых импульсов на ждущий мультивибратор и сбросит служебный счетчик в нуль. Одновременно поступит уровень логической 1 на элемент *DD31.2*, разрешающий работу будильника. Через минуту после начала «боя» транзистор *VT4* закроется, так как на выходе элемента *DD22.3* появится высокий логический уровень, и снимет питание с микросхем *DD32—DD39*.

Таким образом, на ждущий мультивибратор (*DD31.3, DD31.4*) с выхода элемента *DD31.1* поступит столько тактовых импульсов, сколько будет записано часовых импульсов в рабочем счетчике. Ждущий мультивибратор запускается спадом тактового импульса и вырабатывает положительный импульс длительностью несколько единиц миллисекунд. Этот импульс открывает ключевой транзистор *DA1.2*, через который быстро заряжается накопительный конденсатор *C16*. Напряжение на конденсаторе используется для питания транзистора *DA1.1*, на базу которого подаются прямоугольные импульсы с частотой следования около 200 Гц. Транзистор *DA1.1* открывается этими импульсами, вызывая разрядку конденсатора *C16*. С коллектора транзистора *DA1.1* импульсный сигнал с экспоненциально убывающей амплитудой через эмиттерный повторитель (*DA1.4*) подается на УНЧ. Резистором *R26* регулируют громкость сигнала боя.

Для реализации блоком боя 12 «ударов» в полдень или полночь введена микросхема *DD39*. В этом случае коды рабочего и служебного счетчиков равны, и триггер *DD26*, установленный 12-часовым импульсом в единицу, сразу же перевернется в нуль, запретив прохождение тактовых импульсов на имитатор боя. Во избежание этого на микросхеме *DD39* выполнена блокировка компаратора. Четыре ее входа подключены к прямым выходам рабочего счетчика, а пятый — к выходу *9* микросхемы *DD9*, откуда поступают импульсы длительностью 20 с. Пока в рабочем счетчике не записано 12 импульсов, с какого-либо его выхода поступает уровень логической 1, и микросхема *DD39* не влияет на работу компаратора, так как вывод 7 элемента *DD38* соединяется с общим проводом. В полночь или полдень на всех пяти входах элемента *DD39* устанавливаются нули, компаратор выключается и не вырабатывает импульса сброса триггера *DD26*. Через 20 с, когда на имитатор боя уже пройдет 10 тактовых импульсов, на входе *6* микросхемы *DD39* появится уровень логической 1, компаратор включится и сработает еще через 2 тактовых импульса.

На нижнем по схеме элементе И-ИЛИ-НЕ микросхемы *DD21* и триггере *DD23* выполнен узел управления яркостью индикаторов и боем. Сигналами логической 1, поступающими с выходов часового счетчика в 06 часов, триггер *DD23* устанавливается в единицу, а в 22 часа — в нуль. С 22 часов вечера до 6 часов утра высокий логический уровень с инверсного выхода триггера подается в блок питания для уменьшения яркости свечения индикаторов. При помощи переключателя *SB7* на это же время можно выключить блок боя. При нажатии *SB7* транзистор *VT4* будет находиться в запертом состоянии, и напряжение питания на микросхемы *DD32—DD39* подаваться не будет. Диод *VD12* через открытый инвертор *DD22.3* заблокирует триггер *DD26* в нулевом поло-

жении, что необходимо для предотвращения переключения его в единицу часовыми импульсами и прохождения на имитатор тактовых импульсов.

Диод *VD13* устанавливает триггер *DD26* в нуль при включении часов в сеть или нажатии кнопки «Сброс». С помощью диодов *VD9, VD10, VD11* осуществляется блокировка триггера индикации (*DD16*) в единичном положении соответственно при включении блока боя, работе будильника и ручной корректировке часов. При этом индикаторы отображают информацию только со счетчиков минут и часов. Одновременно с блокировкой триггера индикации в этих случаях осуществляется подача напряжения питания на УНЧ, так как вход *S* триггера соединен с базой ключевого транзистора *VT5* в блоке питания (провод 51 в жгуте), осуществляющего включение источника +9 В. Выключение УНЧ, когда не требуется усиливать сигналы боя или будильника, необходимо для исключения шумов, воспроизводимых громкоговорителем *BA1*.

Как уже отмечалось, на рис. 4 показана схема счетчиков минут и часов и цифрового дешифратора. Счетчики построены на *D*-триггерах (*DD5—DD12, DD18—DD23*) по принципу сдвигающего регистра. В исходном состоянии первый триггер счетчика устанавливается в единицу, а последующий — в нуль. Для предварительной установки счетчиков часов служит генератор одиночных импульсов на микросхеме *DD13*. При достижении счетчиком часов состояния 24 на входы элемента *DD17.4* поступают уровни логической 1, и с выхода этого элемента сигнал логического 0 подается в формирователь сброса (см. рис. 3). На элементах *DD1—DD4, DD14—DD16, DD17.1* выполнены управляемые ключи. В моменты прихода на счетчики положительных строб-импульсов (провода 29, 30, 31, 32) в каждом из них, начиная со СЕМ, поочередно открывается только по одному ключу. В соответствующие моменты времени на сеточные ключи индикаторных ламп *H1—H4* поступают отрицательные строб-импульсы, которые поочередно запирают транзисторы *VT1, VT3, VT5, VT7* и открывают транзисторы *VT2, VT4, VT6, VT8*. В результате на сетки соответствующих индикаторов, начиная с единиц минут (*H1*), подается питающее напряжение +30 В и светящимися анодами формируются цифры, отображающие состояния счетчиков.

Цифровой дешифратор построен на микросхеме *DD24*, диодах *VD9—VD43* и резисторах *R9—R25*. Для сокращения числа диодов в дешифраторе при формировании цифр часть анодов индикаторов *H1—H4* включена на зажигание, а часть на гашение. Например, при приходе нуля на вход *7* дешифратора аноды, шунтируемые диодами *VD36—VD41* и *VD12—VD16*, погаснут. Аноды же, соединенные с выходами *1* и *13* микросхемы *DD24*, загорятся, так как на этих выходах будет находиться высокий уровень напряжения (около 30 В). Диоды *VD10, VD11, VD23, VD24* включены для исключения взаимного влияния входов микросхемы и попадания на них напряжения +30 В. Аноды индикаторов *i t u* не используются при формировании цифр и во время отображения цифровой информации гасятся низкими потенциалами, поступающими с выходов *1* и *13* микросхемы *DD8* дешифратора дней недели (см. рис. 5).

Дешифратор дней недели также построен по принципу зажигания или гашения анодов-сегментов индикаторных ламп. При отпирании одного из ключей электронного коммутатора (микросхемы *DD9—DD15*) на соединенный с ним вход дешифратора дней недели поступает низкий потенциал, и одной из ламп *H1—H4*, на сетку которой в данный момент подано напряжение питания, высвечивается соответствующая буква. Например, когда СДН находится в нулевом состоянии, на индикаторах *H4—H1* должны быть соответственно сформированы буквы П, О, Н, Д (понедельник). При этом с прямого выхода триггера *DD4.1* на входы *2, 5, 8, 11* микросхемы *DD9* поступает уровень логической 1. Как только на вход *A* дешифратора с узла управления индикацией поступит высокий уровень, инверторы микросхемы *DD9*, начиная с *DD9.4*, начнут поочередно открываться положительными строб-импульсами, поступающими соответственно на тактовые входы инверторов *DD3.3, DD3.1, DD2.3, DD2.1*. В результате на входы П, О, Н, Д дешифратора, начиная с входа Д, поочередно поступит нулевой потенциал, и на индикаторах *H4—H1* загорятся соответствующие буквы. Аналогичным образом формируется название второго дня недели (буквы В, Т, О, Р), когда на СДН поступит импульс переноса единицы во второй разряд счетчика, и т. д.

Дешифратор игрового блока (см. рис. 6) по принципу построения не отличается от дешифраторов цифрового

или дней недели. Шунтирующее действие последних на аноды индикаторов исключается при переводе часов в игровой режим, и формирование букв в индикаторах определяется только игровым дешифратором. При этом на его вход *В* подается логическая 1, а на четыре входа, обозначенных буквами Г, Д, Е, Ж, которые соединены с подвижными контактами переключателей *SA5—SA8*, поочередно поступает уровень логического 0 с выходов управляемых ключей ББ (см. рис. 3). Таким образом, в индикаторах *H4—H1* формируются буквы, соответствующие положениям переключателей *SA5—SA8*. Изменяя положения переключателей, можно составлять трех- и четырехбуквенные слова или по очереди высвечивать почти все буквы алфавита. При составлении слов из 3 букв переключатель *SA8* устанавливается в положение «Выкл», и все аноды индикатора *H1* гаснут. Из букв, которые могут индицировать лампы ИВ-4, для упрощения дешифраторов исключены буквы Ъ и Ы, наименее часто встречающиеся в словах из 3 или 4 букв. Всего может быть сформирована 31 буква.

Блок питания (см. рис. 7) электронных часов включает в себя три источника постоянного напряжения (+5, +9 и +30 В) и один источник переменного напряжения (2,5 В), служащий для накала индикаторных ламп. Источник +5 В необходим для питания микросхем. Он выполнен по принципу стабилизатора компенсационного типа на операционном усилителе *DA1* и транзисторах *VT2*, *VT3*. Конденсаторы *C4* и *C6* устраняют возбуждение ОУ на высоких частотах. Применение ОУ в стабилизаторе для усиления сигнала обратной связи значительно уменьшило его выходное сопротивление и взаимовлияние отдельных узлов электронных часов через общий источник питания. Напряжение на выходе стабилизатора практически не меняется при изменении тока нагрузки от десятков миллиампер до одного ампера и более. Кроме того, значительно увеличилась помехозащищенность часов при различных бросках напряжения в сети. Часы не сбиваются при включении в одну розетку с ними холодильника, пылесоса, утюга и других бытовых электроприборов.

Источник +9 В выполнен на транзисторе *VT4* и стабилитроне *VD10* и предназначен для питания УНЧ. Ключевой транзистор *VT5* служит для включения этого источника. Пока в базу транзистора *VT5* не поступит

запирающего сигнала, он находится в открытом состоянии, шунтируя стабилитрон *VD10*. При этом на эмиттере транзистора *VT4* напряжение отсутствует.

Источник +30 В предназначен для питания анодов цифровых индикаторов. Он выполнен на транзисторе *VT6* и стабилитронах *VD13—VD15* с возможностью автоматического уменьшения его выходного напряжения до 12 В. Это необходимо для уменьшения яркости свечения индикаторов в ночное время суток. При этом в базу ключевого транзистора *VT7* поступает уровень логической 1. Транзистор открывается и шунтирует стабилитроны *VD13*, *VD14*, уменьшая тем самым выходное напряжение стабилизатора.

На транзисторе *VT1* выполнен блокинг-генератор, включающийся при работе в режиме реле времени для фотопечати. При поступлении на базу транзистора уровня логической 1 блокинг-генератор вырабатывает короткие импульсы, открывающие тринистор *VS1*. В результате в лампе фотоувеличителя, подключенного к гнездам «Нагрузка», протекает ток. Выключателем *SB14* осуществляется включение фотоувеличителя для установки кадра и фокусировки изображения.

Конструкция и детали. Конструктивно часы состоят из базового и игрового блоков. Игровой блок выполнен в отдельном корпусе размером 180×70×70 мм, в котором закреплены четыре переключателя (*SA5—SA8*) и печатная плата игрового дешифратора. Он подключается к базовому блоку электронных часов с помощью разъема, имеющего 24 контакта. Остальные узлы размещены на 6 печатных платах, установленных в базовом блоке. Размер корпуса базового блока без декоративных ножек-подставок 180×65×145 мм. Со стороны его лицевой панели установлены индикаторные лампы и громкоговоритель. Держатели предохранителей, гнезда «Нагрузка» и все органы управления размещены на задней стенке. Кроме переключателей набора времени будильника, вся коммутация в базовом блоке осуществляется 14 клавишными переключателями П2К без фиксации или с независимой фиксацией. В качестве переключателей набора времени будильника применены малогабаритные переключатели П2Г-3 11П1Н (одиннадцать положений на одно направление). Можно применить переключатели ПМ, имеющие почти такие же размеры. Перед установкой переключателей нужно пере-

ставить ограничители вращения подвижной части на такое число положений, как указано в схеме на рис. 3.

На задней стенке часов также размещен транзистор *VT3* блока питания, установленный на игольчатый радиатор с площадью рассеяния около 30 см². Радиатор изолирован от корпуса часов прокладкой из лакоткани. Снизу и сверху в корпусе просверлены отверстия, через которые осуществляется естественная вентиляция воздуха. Этим предотвращается нагревание микросхем, размещенных на печатных платах довольно плотно — на расстоянии 4...5 мм друг от друга. Монтаж микросхем и других элементов выполнен частично с применением печатных проводников и частично навесными проводниками из монтажного провода МГТФ-0,03. Все межблочные соединения произведены отрезками провода МГТФ-0,07, связанными в жгут. Резисторы регулировки громкости «боя» и сигнала будильника (*R28*, *R22* см. рис. 3) и резистор регулировки выходного напряжения источника +5 В (*R9* см. рис. 7) установлены на печатных платах таким образом, чтобы была возможность их регулировки с помощью отвертки через вентиляционные отверстия в корпусе. Эти резисторы соответственно СП3-1б и СП5-2. Последний можно также заменить на резистор СП3-1б. Нижние по схеме выводы резисторов *R28* и *R22* (см. рис. 3) для уменьшения воспроизводимого громкоговорителем фона следует соединить с общим проводом УНЧ отдельным проводником в непосредственной близости от входа усилителя. Сигнал на вход УНЧ следует подавать по экранированному проводнику.

Силовой трансформатор *T1* блока питания выполнен на тороидальном магнитопроводе ОЛ 36/56-40. Все обмотки намотаны проводом марки ПЭВ-2. Сетевая обмотка содержит 2200 витков провода диаметром 0,15 мм. Обмотки *II* и *III* намотаны проводом диаметром 0,18 и 0,31 мм и содержат соответственно 170×2 и 50×2 витков. Обмотки *IV*, *V*, *VI* намотаны проводом диаметром 0,64 мм и содержат 55, 27 и 82 витка соответственно.

Трансформатор *T2* блокинг-генератора намотан на двух сложенных вместе ферритовых кольцах типоразмера К7×4×2. Обмотки *I* и *II* содержат по 27 витков провода ПЭЛШО 0,08. Обмотка *III* — 170 витков этого же провода.

При монтаже электронных часов следует пользоваться рекомендациями, общими для всех цифровых устройств и изложенными в журналах «Радио», 1978, № 9, с. 63 и 1979, № 5, с. 63.

Налаживание. Перед включением часов в сеть следует тщательно проверить правильность монтажа и убедиться, что коллектор транзистора *VT3* в блоке питания не соединен с корпусом. Делают это с помощью омметра. Далее, отсоединив выход источника +5 В от остальных узлов, включают часы в сеть и с помощью подстроечного резистора *R9* (см. рис. 7) устанавливают напряжение на эмиттере транзистора *VT3*, равным +5 В. Затем часы выключают и восстанавливают оборванную связь. При повторном включении часов в сеть на индикаторах должны высветиться нули, а через 4 с — день недели. Еще через 4 с индикация дня недели должна смениться нулями. В дальнейшем смена индикации нулей и дня недели должна происходить через 6 и 4 с соответственно. Через минуту после включения часов в индикаторе *H1* высветится единица, а при каждом нажатии на кнопки *SB10* и *SB11* (см. рис. 4 и 5) должны меняться состояния счетчиков минут и часов на единицу, а в соответствующих им индикаторах — цифры. Для проверки СДН переключатель *SB2* (см. рис. 3) переводят в положение индикации дней недели и нажимают на кнопку *SB12* (см. рис. 5). При семи нажатиях на кнопку в индикаторах должны последовательно высветиться названия всех дней недели. Если этого нет, необходимо проверить все напряжения питания и далее — работу кварцевого генератора, делителей частоты, формирователей сброса и строб-импульсов, счетчиков времени и дешифраторов. Для проверки работы дешифраторов желательно базу транзистора *VT7* в блоке питания соединить временной перемычкой с его эмиттером. При этом напряжение источника +30 В должно быть равно своему номинальному значению, а напряжение на закрытых ключах счетчиков и, следовательно, непогашенных анодах индикаторов находиться в пределах 26...28 В. Работу остальных узлов проверяют в таком же порядке, как они были описаны выше.

Как правило, часы, собранные из исправных деталей и без ошибок в монтаже, начинают работать сразу и в особом налаживании не нуждаются. Они сохраняют работоспособность при уменьшении напряжения питания

микросхем до 4,3 В. Поэтому для облегчения теплового режима после окончательной проверки и настройки часов следует уменьшить напряжение источника питания +5 В до 4,5 В.

СЛУХОВЫЕ АППАРАТЫ

В. Мурзвин

Людям с ослабленным слухом слуховой аппарат (СА) помогает общаться с окружающим миром, принимать активное участие в трудовой и общественной деятельности. Для одних он является единственным способом воспроизведения человеческой речи, для других — средством повышения разборчивости речи и даже дает возможность улучшить качество прослушивания музыки.

В нашей стране промышленностью выпускаются несколько типов слуховых аппаратов с различными техническими характеристиками и в разных конструктивных исполнениях.

В настоящее время ведутся работы по переводу слуховых аппаратов на новую элементную базу, по улучшению их технических характеристик и эксплуатационных удобств. Так, разработана специализированная микросхема для СА К538УН2. Усилитель этой микросхемы имеет малые шумы, потребляемую мощность и рассчитан на подключение телефона с сопротивлением 1 кОм.

Однако у выпускаемых промышленностью СА можно отметить следующие недостатки:

недостаточное акустическое усиление. Потери слуха у людей с поражением звуковоспроизводящего аппарата могут достигать 80...90 дБ на частоте 4 кГц, которая считается минимально допустимой верхней частотой полосы пропускания с точки зрения обеспечения удовлетворительной (92%) разборчивости речи [1];

плоская частотная характеристика аппарата, которая согласно ГОСТ 10893—69 должна иметь в полосе частот 400...3000 Гц неравномерность не более 30 дБ (люди с различными видами потери слуха имеют различные аудиограммы);

низкая экономичность СА. Токи потребления имеют силу около 5...12 мА, что при использовании источников питания емкостью 0,05...0,15 мА/ч обеспечивает работу

аппарата в течение 10...12 ч. Выходные каскады работают, как правило, в линейном режиме, а это ведет к тому, что ток потребления в режиме молчания такой же, как и при максимальной громкости;

отсутствие ограничителей максимального уровня. Только одна модель СА имеет АРУ, к тому же малоэффективную. Не применяются в промышленных слуховых аппаратах ограничители пиковых значений сигнала и компрессоры;

отсутствие заметных (хорошо видимых) индикаторов включения, что особенно важно при относительно больших токах потребления. Как правило, СА имеет метку на регуляторе громкости, совмещенном с выключателем питания.

Среди параметров СА наибольшее влияние на качество воспроизведения звуков и разборчивость речи, а следовательно, и на реальный эффект при протезировании слуха оказывают амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) слухового аппарата и уровень шумов. Остановимся на этом подробнее. Как уже отмечалось, выпускаемые промышленностью СА имеют плохую АЧХ, а потери слуха могут характеризоваться различными аудиограммами. Если при поражении звуковоспроизводящего аппарата аудиограмма плоская и имеет неравномерность около 20 дБ, то при поражении звуковоспринимающего аппарата и комбинированном поражении аудиограмма имеет спад в области частот 500...4000 Гц с наклоном, достигающим 30 дБ/окт. [1].

Кроме того, необходимо учитывать, что микрофоны и телефоны, применяющиеся в СА, также имеют спад на частотной характеристике с наклоном, достигающим в области частот 2000...4000 Гц 30 дБ/окт. Некоторые СА снабжены регуляторами частотной характеристики, однако они представляют собой простейшие цепи и не обеспечивают требуемой коррекции.

Второй немаловажный фактор, влияющий на качество работы СА,— уровень шумов. Известно, что для разборчивого восприятия речи необходимо, чтобы соблюдалось соотношение сигнал/шум больше 20 дБ. Если принять минимальный уровень интенсивности звуков 40 дБ, тогда напряжение шумов, приведенных ко входу, должно быть не более 3 мкВ.

Внутренние шумы СА могут быть снижены применением во входных каскадах малошумящих транзисторов.



Рис. 1. Структурная схема слухового аппарата

Труднее выделить полезный сигнал на фоне окружающих шумов. Если здоровое ухо воспринимает окружающие шумы избирательно по направлению, т. е. выбирает из них полезную информацию, приходящую с определенного направления, то СА усиливает звуки, приходящие со всех сторон; в результате на входе слухового прохода соотношение сигнал/шум бывает недостаточным.

При совершенствовании СА и создании новых моделей необходимо учитывать все перечисленные факторы, влияющие на качество воспроизведения звуков и разборчивость речи.

Рассмотрим структурную схему слухового аппарата.

Слуховой аппарат представляет собой, как правило, устройство, состоящее из микрофона, входного усилителя, устройства коррекции, оконечного усилителя, телефона (рис. 1). Устройство коррекции может быть совмещено с одним из усилителей, однако при этом оно не будет функционально и конструктивно законченным и полностью обеспечивать довольно высокие требования по коррекции частотной характеристики СА.

Кроме того, в состав СА могут дополнительно включаться ограничитель максимального уровня выходного сигнала, индикатор включения СА, индикатор разрядки батарей и т. п.

Технические требования, предъявляемые как ко всему СА, так и к составляющим его устройствам, определяются характеристиками слуха пациента.

Наиболее детальное и точное измерение характеристик слуха обеспечивает аудиометрический метод измерения, при котором на исследуемое ухо через электродинамические телефоны подаются тональные сигналы различной частоты и громкости. Электродинамические телефоны пригодны в данном случае, так как имеют наименьшее акустическое сопротивление и обеспечивают поэтому меньшую зависимость звукового давления от индивидуальных различий размеров внешнего уха. Кроме того, это удовлетворяет требованию единства изме-

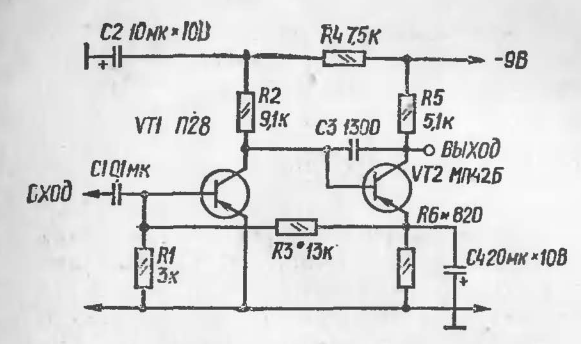


Рис. 2. Принципиальная схема входного усилителя 1

рений, когда результаты могут быть сравнимы и не зависят от места, времени и условий проведения.

Можно пойти по другому пути: снимать аудиограмму с тем телефоном, который будет эксплуатироваться со слуховым аппаратом. Тогда в аудиограмме будут учтены как частотные характеристики данного телефона, так и индивидуальные особенности слухового прохода, что позволит создать более эффективную схему коррекции АЧХ слухового аппарата. Второй путь приемлем при создании СА для конкретного пациента. В том случае, если СА создаются по модульному принципу, может быть разработан ряд модулей устройств коррекции, один из которых после снятия аудиограммы встраивается в аппарат.

Входной усилитель СА должен иметь коэффициент усиления, достаточный для раскачки оконечного каскада. Немаловажным требованием являются и низкие шумы, так как источником сигнала для входного усилителя является микрофон, имеющий относительно малую чувствительность (около 4 мВ/Па). Особенностью работы входных усилителей СА являются малые рабочие токи и напряжения.

Обычно входные усилители СА строятся по двух- или трехкаскадной схеме, в которой транзисторы включаются по схеме с общим эмиттером. Стабилизация режима по постоянному току осуществляется с помощью местных отрицательных обратных связей.

Большей стабильностью, чем в промышленных СА, обладает усилитель, схема которого приведена на рис. 2 [2].

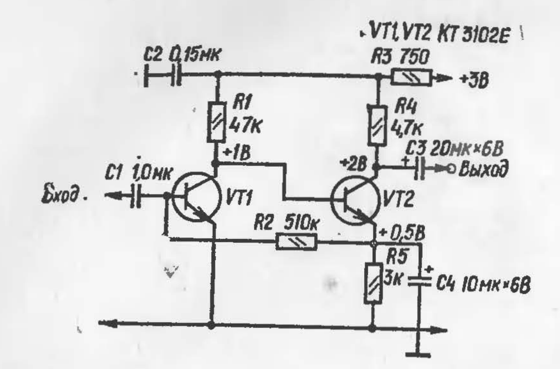


Рис. 3. Принципиальная схема входного усилителя 2

Этот усилитель построен по схеме с непосредственными связями между каскадами и охвачен общей отрицательной обратной связью (ООС) по постоянному току. Режим по постоянному току устанавливается с помощью резисторов *R3* и *R6*. В первом каскаде усилителя применен малошумящий транзистор П28. Кроме того, режим работы этого транзистора ($I_к$=0,4 мА, $U_{кэ}$=1,2 В) также обеспечивает минимальные шумы. Полоса частот усилителя по уровню —3 дБ 300...7000 Гц, коэффициент усиления $K_у$ равен 1700.

В малошумящих входных каскадах хорошо работают германиевые транзисторы П28, МП39Б, ГТ310Б, ГТ322А, кремниевые КТ104Б, КТ203Б, КТ326Б, но особенно хорошие результаты дают малошумящие транзисторы серий КТ342, КТ3102 и КТ3107. Они способны работать при токах коллектора, исчисляемых десятками микроампер, и напряжении коллектор — эмиттер менее 1 В, не теряя высоких усилительных свойств.

Схема входного усилителя на транзисторах КТ3102Е приведена на рис. 3 и по построению аналогична предыдущей схеме. Транзистор первого каскада работает в микротоковом режиме ($I_к$=0,04 мА, $U_{кэ}$=1 В). Коэффициент усиления такого усилителя равен 3000.

Большее усиление можно получить, если между первым и вторым каскадами поставить эмиттерный повторитель так, как показано на рис. 4. Здесь кроме местных отрицательных обратных связей в каждом каскаде и общей ООС по постоянному току введена еще и ООС по переменному току ($R_{ос}$), с помощью которой можно регулировать коэффициент усиления усилителя. Коэффициент усиления усилителя без обратной связи ($R_{ос}$

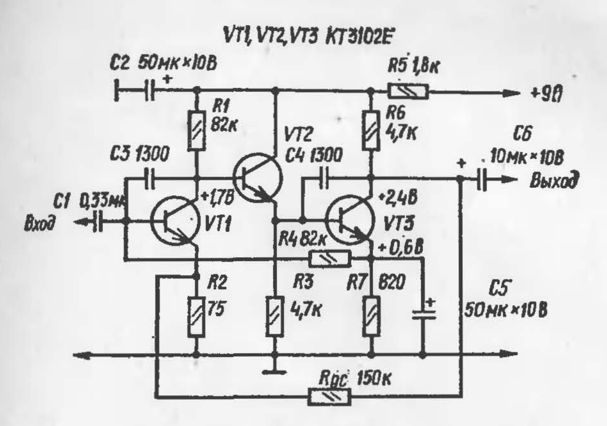


Рис. 4. Принципиальная схема входного усилителя 3

отключен) равен 11 000, с обратной связью — 1700; напряжение шумов, приведенное ко входу при его закорачивании, не более 2 мкВ.

Ранее уже говорилось, что основные искажения сквозной АЧХ СА определяются микрофоном и телефоном. В слуховых аппаратах наиболее распространен микрофон М1. Его частотная характеристика приведена на рис. 5 [1].

Эта характеристика усредненная и снята в условиях свободного звукового поля. Такие измерения представляют трудную техническую задачу. В реальных условиях на вид частотной характеристики микрофона большое влияние оказывают объем помещения, окружающие предметы и т. п. Поэтому в дальнейшем в расчет будем брать усредненную характеристику микрофона.

Анализ усредненных характеристик микрофона, телефона и потерь слуха при различных видах повреждений позволяет разделить частотный диапазон на три участка: до 1000 Гц, от 1000 до 2000 Гц и выше 2000 Гц.

На участке до 1000 Гц результирующая АЧХ, представляющая сумму АЧХ микрофона, телефона и потерь слуха, имеет небольшой подъем, обусловленный подъемами АЧХ микрофона и телефона.

На участке от 1000 до 2000 Гц результирующая АЧХ может быть постоянной, иметь подъем или спад, что связано с формой характеристики потерь слуха на этом

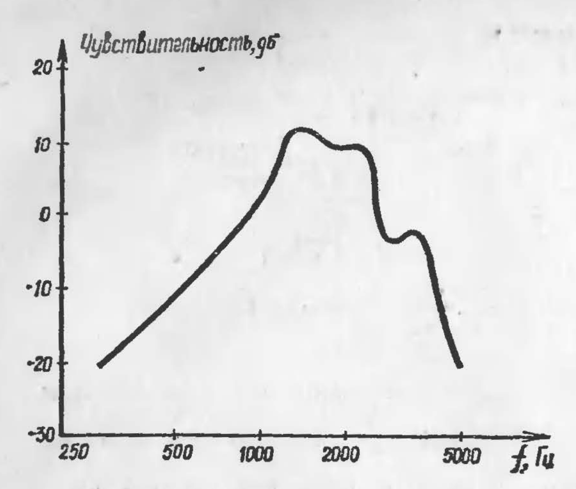


Рис. 5. Амплитудно-частотная характеристика микрофона

участке. Здесь же могут быть небольшие максимумы и минимумы.

На частотах выше 2000 Гц спад результирующей АЧХ обусловлен спадом АЧХ телефона и характеристики потерь слуха.

Отсюда следует, что при разработке устройств коррекции необходимо сформировать АЧХ этих устройств, обратную результирующей АЧХ тракта «микрофон-телефон-ухо».

Такая характеристика коррекции может быть получена параллельным включением фильтров низких частот (ФНЧ), фильтров высоких частот (ФВЧ) или заградительных фильтров в различных комбинациях. Количество звеньев фильтра зависит от требуемого наклона АЧХ.

Устройства коррекции могут быть построены на основе активных фильтров, описанных в [4, 5], в которых в качестве неинвертирующих усилителей лучше использовать не операционные усилители, а более экономичные эмиттерные повторители.

Схемы активных ФВЧ и ФНЧ II порядка приведены на рис. 6, а ФВЧ и ФНЧ III порядка — на рис. 7. Они имеют частотные характеристики с наклоном 12 и 18 дБ/окт. соответственно.

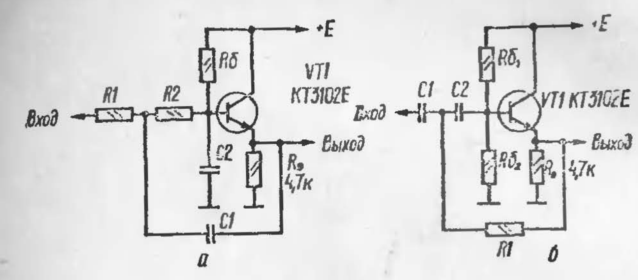


Рис. 6. Принципиальные схемы фильтров II порядка:
а — нижних частот; *б* — верхних частот

Для ФНЧ и ФВЧ II порядка, задавшись $R1=R2=R$ и $C1=C2=C$ (для ФВЧ $R2=\frac{R_{б1}\cdot R_{б2}}{R_{б1}+R_{б2}}$) и при условии $R_б \gg \frac{1}{2\pi f_0 C}$, расчет элементов фильтров следует производить по формуле

$$R=\frac{0{,}16}{f_0 C},$$

где f_0 — частота среза фильтра.

Для ФНЧ и ФВЧ III порядка, задавшись $R2=R3=R$ и $C2=C3=C$ (для ФВЧ $R3=\frac{R_{б1}\cdot R_{б2}}{R_{б1}+R_{б2}}$) и при условии $R_б \gg \frac{1}{2\pi f_0 C}$, расчет элементов фильтров нужно вести по формулам

$$R1=\frac{0{,}53}{f_0 C1};\quad R=\frac{0{,}17}{f_0 C}.$$

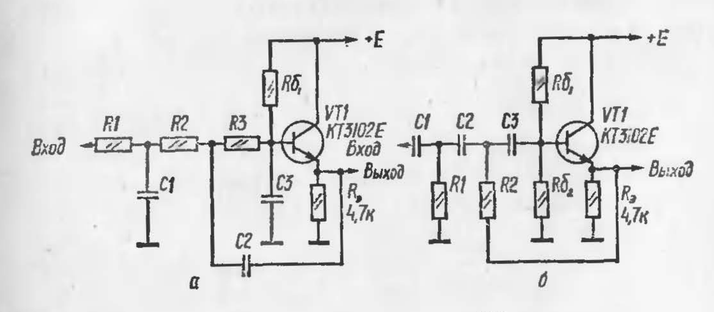


Рис. 7. Принципиальные схемы фильтров III порядка:
а — нижних частот; *б* — верхних частот

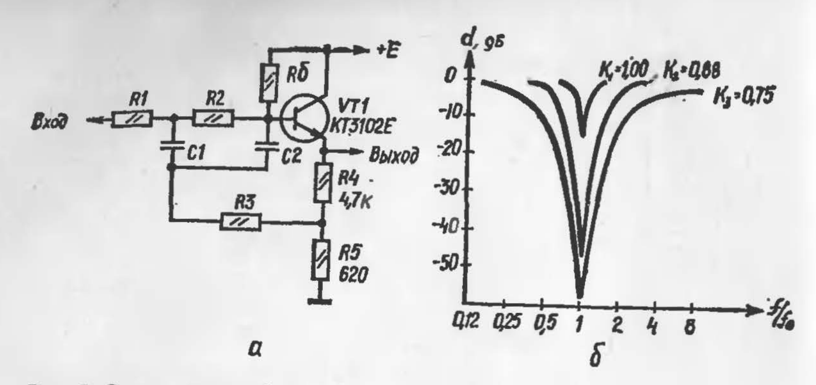


Рис. 8. Заградительный фильтр:
а — принципиальная схема; *б* — частотная характеристика

Если характеристика коррекции должна иметь больший наклон, необходимо включить несколько фильтров последовательно.

Схема заградительного фильтра приведена на рис. 8, *а*, а его частотная характеристика — на рис. 8, *б*.

Полоса заграждения фильтра зависит от его коэффициента усиления.

Средняя частота полосы заграждения определяется по формуле

$$f_0 = \frac{0,28}{RC},$$

где $R=R1=R2$, $C=C1=C2$.

О к о н е ч н ы е   у с и л и т е л и должны иметь, как правило, плоскую АЧХ, обеспечивать требуемый максимальный уровень сигнала на нагрузке и быть экономичными.

В промышленных СА оконечный каскад построен, как правило, по однотактной схеме и работает в линейном режиме, поэтому выходной уровень и КПД таких усилителей, а следовательно, и СА невелики.

Повысить КПД СА можно, если оконечный усилитель построить по схеме с плавающей рабочей точкой, как показано на рис. 9, *а*, *б* [2]).

Устройство по схеме на рис. 9, *б* отличается более эффективным смещением рабочей точки каскада при подаче сигнала на вход и соответственно меньшими нелинейными искажениями. Резистором *R1* устанавли-

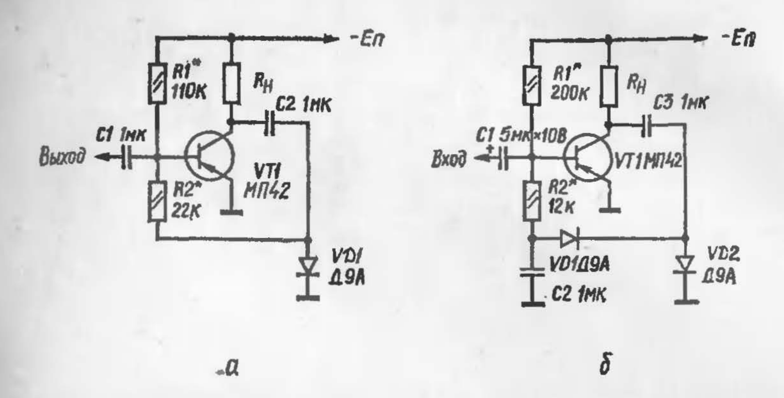


Рис. 9. Принципиальные схемы оконечных усилителей с плавающей рабочей точкой

вается начальный ток (без сигнала), равный 2...3 мА, а резистором *R2* — минимальные искажения сигнала на нагрузке. При этом максимальный коллекторный ток транзистора *VT1* достигает 20 мА. Оконечный усилитель, построенный по схеме рис. 9, обеспечивает на нагрузке 60 Ом максимальный сигнал 500 мВ при напряжении питания 3 В и 1,5 мВ при напряжении 9 В, что соответствует максимальным выходным уровням 120 и 130 дБ (при чувствительности телефона, принятой 0,04 Па/мВ). Недостатки таких схем — низкий (не более 10...15 %) КПД и большие нелинейные искажения. Больший КПД (до 50 %) обеспечивают оконечные усилители, построенные по двухтактной схеме, как показано на рис. 10, *а*, *б*. В этих усилителях начальный ток, равный 1,2 мА для схемы рис. 10, *а* и 2 мА для схемы рис. 10, *б*, устанавливается резисторами *R4* и *R2* соответственно. Резисторами *R2* и *R4* для схем по рис. 10, *а* и 10, *б* соответственно устанавливается напряжение в точке А, равное половине напряжения питания.

Оконечные усилители, построенные по схемам рис. 10, обеспечивают максимальные выходные уровни 122 и 133 дБ для рис. 10, *а* и 10, *б* соответственно, КПД около 50 %.

Почти такими же характеристиками, как и усилитель, построенный по схеме рис. 10, *б*, но при меньшем количестве деталей, обладает усилитель на операционном усилителе К140УД5А (рис. 11). Здесь резистором *R1* устанавливается напряжение в точке А, равное половине

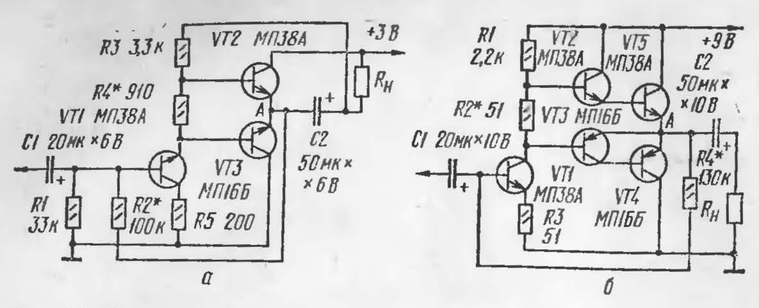


Рис. 10. Принципиальные схемы двухтактных оконечных усилителей

напряжения питания, а резистором *R4* — коэффициент усиления каскада. Начальный ток составляет примерно 2,8 мА. Усилитель, построенный по схеме рис. 11, обеспечивает максимальный выходной уровень 131 дБ. КПД этого усилителя несколько ниже, чем у предыдущих,— 37 %.

При исследовании не ставилась цель — подобрать в каждой паре транзисторы по параметру $h_{21э}$. При подборе транзисторов в каждую пару рассматривались их справочные данные: структура (*p-n-p*, *n-p-n*), материал (германий, кремний), обратный ток коллектора, коэффициент усиления, напряжения насыщения. Транзисторы устанавливались в усилитель, выполненный по схеме рис. 11. В каждой паре были исследованы по 3 транзистора каждого типа (чтобы исключить случайный подбор). Измерялось максимальное выходное напряжение на нагрузке — резисторе сопротивлением 60 Ом. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что лучшие результаты получаются с германиевыми транзисторами. Использование высокочастотных транзисторов ГТ329Б и ГТ310Б

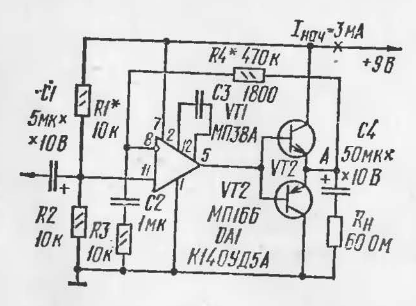


Рис. 11. Принципиальная схема оконечного усилителя с микросхемой

Таблица 1

Исследуемые пары транзисторов	Справочные данные					Результаты измерений
	материал	структура	$I_{ко}$, мкА	$h_{21э}$	$U_{кэ\ нас}$, В	$U_{вых\ макс}$, В
КТ3102Е — КТ3107Л	Кремний	*n-p-n*	0,015	400...1000	—	1,75
		p-n-p	0,01	180...460	0,2	
КТ301Ж — КТ326Б	Кремний	*n-p-n*	10	80...300	3	1,62
		p-n-p	0,5	45...160	0,3	
КТ502Д — КТ342Б	Кремний	*p-n-p*	—	40...120	0,6	1,60
		n-p-n	0,5	200...500	0,1	
МП38А — МП16Б	Германий	*n-p-n*	30	45...100	—	1,90
		p-n-p	25	45...100	0,2	
МП38А — П30	Германий	*n-p-n*	30	45...100	—	1,90
		p-n-p	4	80...180	0,2	
ГТ329Б — ГТ310Б	Германий	*n-p-n*	5	15...300	—	1,90
		p-n-p	5	60...180	—	

не оправдано, к тому же значения предельно допустимых параметров этих транзисторов близки к рабочему режиму в этом усилителе.

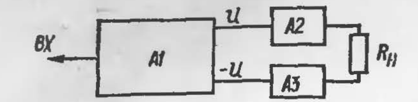


Рис. 12. Структурная схема мостового оконечного усилителя

Еще большим КПД (до 75 %) обладают оконечные усилители, выполненные по мостовой схеме. Хотя они имеют почти в 2 раза больше деталей, но позволяют получить вдвое большую мощность при том же напряжении источника питания, что особенно важно для переносных устройств.

В простейшем случае оконечный усилитель, собранный по мостовой схеме, представляет собой два одинаковых оконечных каскада (*А2*, *А3*), входы которых подключены к каскаду с парафазными выходами (*А1*), а выходы — к нагрузке (рис. 12).

При использовании в оконечных каскадах интегральных операционных усилителей (ОУ) можно исключить каскад с парафазными выходами, включив один ОУ по схеме с инвертирующим входом, другой — по схеме с неинвертирующим входом. Схема такого усилителя приведена на рис. 13. Оконечные усилители могут быть выполнены также по схемам, приведенным в [3]. Все они собраны по мостовой схеме и отличаются друг от друга способами включения выходных транзисторов и их раскачки. КПД этих усилителей от 40 до 75 %.

В табл. 2 приведены сравнительные характеристики оконечных усилителей, выполненных по схемам рис. 9, 10, 11, 13.

В промышленных СА индикация включенного состояния осуществляется с помощью риски на регуляторе громкости, совмещенном с выключателем питания.

Таблица 2

Номер рисунка	Начальный ток, мА	Напряжение питания, В	Максимальное выходное напряжение, В	КПД, %
9, *а*	2	3	0,5	12
9, *б*	2	9	1,5	15
10, *а*	1,2	3	0,75	45
10, *б*	2,0	9	2,3	54
11	5	9	3,3	55
13	5	9	3,3	55

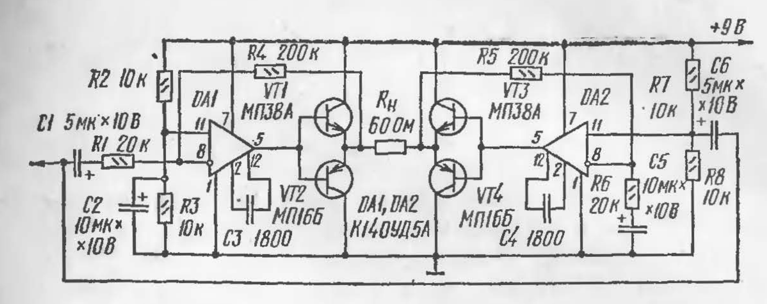


Рис. 13. Принципиальная схема мостового оконечного усилителя

Однако такой индикатор малозаметен, а холостое включение приводит к быстрой разрядке источников питания.

Хорошую индикацию включения СА обеспечивают светодиоды. Практика показала, что светодиод АЛ102А хорошо светится уже при токе 2,5...3 мА, а светодиод АЛ310А — даже при токе 1,5 мА.

Для индикации включения СА можно применить импульсный индикатор, схема которого приведена на рис. 14. Основу его составляет несимметричный мультивибратор на транзисторах *VT1*, *VT2*. Нагрузкой мультивибратора является светодиод *VD3* АЛ310А. Длительность его свечения определяется параметрами цепи *R2C1*, а частота вспышек — параметрами цепи *R3C2*. Резистор *R4* ограничивает импульсный ток через светодиод. На приведенной схеме частота вспышек светодиода составляет примерно 0,5 Гц, а соотношение выключенного и включенного состояния светодиода — около 7.

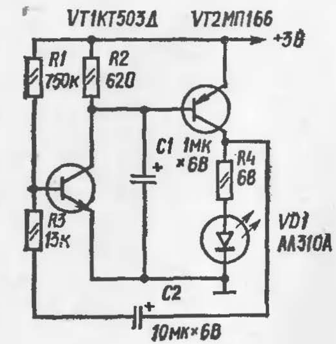


Рис. 14. Принципиальная схема импульсного индикатора

Рассмотрим несколько возможных конструкций СА.

Схема наиболее простого СА представлена на рис. 15 [2]. В состав этого аппарата входит двухкаскадный входной усилитель и однокаскадный оконечный усилитель с плавающей рабочей точкой. Индикатором включения является светодиод АЛ102А.

В аппарате использованы микрофон М1 и телефон ТМ2А от промышленных слуховых аппаратов. Регулятор громкости с выключателем — резистор СПЗ-3. Питание аппарата осуществляется от батареи «Крона».

Технические характеристики СА: акустическое усиление 58 дБ, максимальный выходной уровень 128 дБ. Начальный ток потребления (без сигнала) не более 4 мА. АЧХ усилителя плоская в диапазоне 300...7000 Гц. СА размещается в пластмассовом корпусе размером 85×59×24 мм.

Слуховой аппарат, схема которого изображена на рис. 16, достаточно экономичен: при питании от двух батарей напряжением 1,5 В он потребляет (при отсутствии сигнала) ток 1,7 мА. При этом параметры СА не хуже, чем у предыдущей конструкции. Так, акустическое усиление составляет 64 дБ, а максимальный выходной уровень 120 дБ. Этот СА также имеет плоскую АЧХ в диапазоне 300...6000 Гц и размещается в пластмассовом корпусе размером 85×59×18 мм.

При разработке следующей конструкции была снята характеристика потерь слуха с телефоном ТМ-2А. Аудиограмма плохослышащего сравнивалась с аудиограммой здорового человека. Разницей этих двух аудиограмм является характеристика потерь слуха, которая представлена на рис. 17.

Снятие аудиограммы проводилось следующим образом. Вначале устанавливалась частота и минимальный уровень сигнала с выхода генератора. Затем телефон, на который рассчитан разрабатываемый аппарат, размещали в слуховой проход. Уровень сигнала постепенно увеличивали до тех пор, пока он не стал слышимым. Производилось измерение сигнала с выхода генератора. Затем нормально слышимый сигнал постепенно уменьшали. Когда звук в телефоне пропал, измеряли милливольтметром сигнал с выхода генератора. Среднеарифметическое значение первого и второго измерений сигнала генератора и будет пороговым уровнем. Необходимо провести измерение пороговых уровней в диапазоне

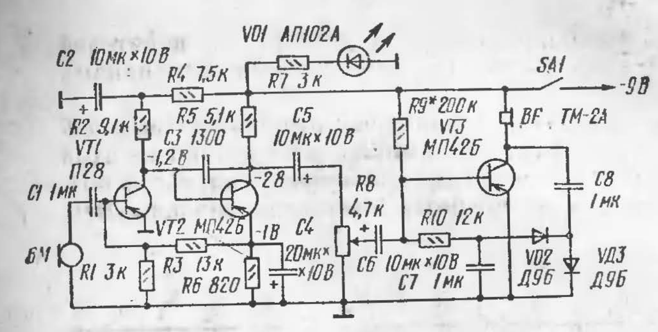


Рис. 15. Принципиальная схема слухового аппарата 1

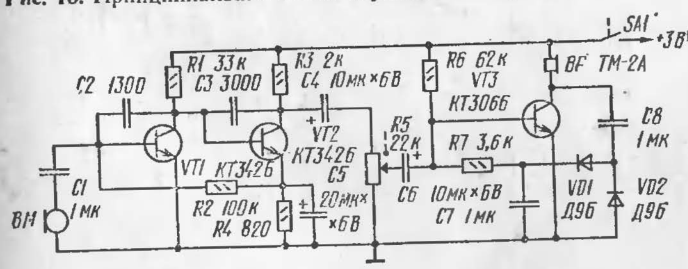


Рис. 16. Принципиальная схема слухового аппарата 2

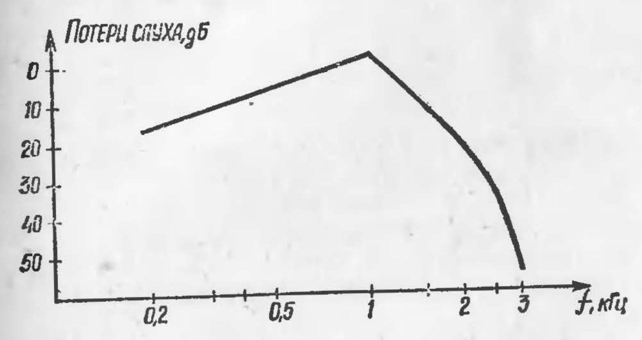


Рис. 17. Характеристика потерь слуха

частот 200...7000 Гц. Для повышения точности измерений и исключения случайных ошибок снятие аудиограммы можно повторить 3...5 раз.

Из характеристики потерь видно, что на участке до 1000 Гц наблюдается подъем с наклоном примерно 12 дБ/окт., а после 1000 Гц — резкий спад: до 2500 Гц с наклоном 26 дБ/окт., затем еще больше. Наложив

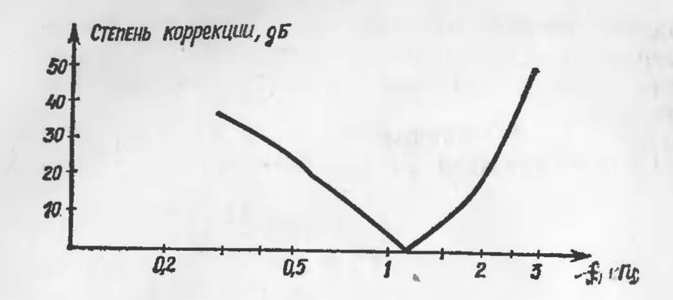


Рис. 18. Характеристика устройства коррекции

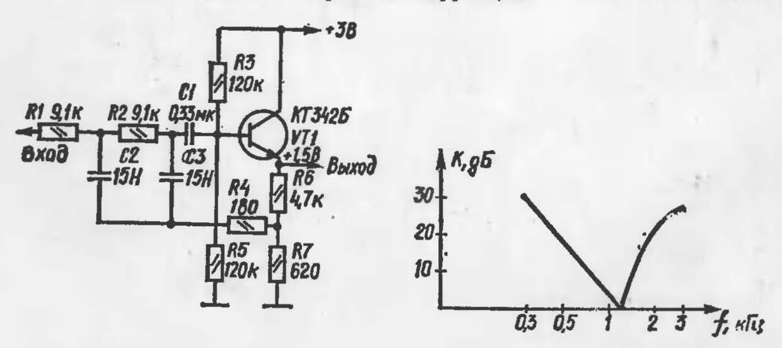


Рис. 19. Принципиальная схема и амплитудно-частотная характеристика заградительного фильтра

на характеристику потерь слуха усредненную АЧХ микрофона [1], мы можем получить характеристику устройства коррекции. Она выглядит так, как показано на рис. 18. Такая характеристика может быть получена с помощью заградительного фильтра, схема и экспериментальная частотная характеристика которого представлена на рис. 19.

Схема слухового аппарата с коррекцией представлена на рис. 20. Этот аппарат содержит двухкаскадный входной усилитель, устройство коррекции, представляющее собой заградительный фильтр, двухкаскадный оконечный усилитель, собранный по двухтактной бестрансформаторной схеме, и импульсный индикатор включения СА. Акустическое усиление аппарата 87 дБ, максимальный выходной уровень 124 дБ. Начальный ток потребления (без сигнала) не более 1,8 мА. Частота вспышек

светодиодного индикатора подобрана примерно 0,5 Гц, а соотношение выключенного и включенного состояний светодиода — около 7, поэтому его потребление от источника питания мало.

Питается слуховой аппарат от двух батарей напряжением 1,5 В. Размещен он в пластмассовом корпусе

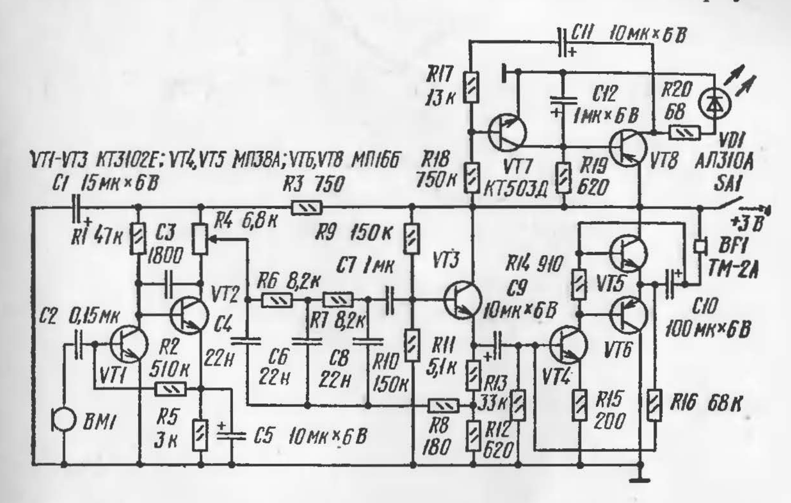


Рис. 20. Принципиальная схема слухового аппарата 3

размером 59×85×16 мм. По субъективной оценке этот СА обеспечивает хорошую разборчивость речи и позволяет улучшить качество прослушивания музыки. Особенно большой выигрыш получен на участке 1...3 кГц, тогда как при использовании обычных слуховых аппаратов звуки с такими частотами практически не прослушиваются.

Литература

1. Эфрусси М. М. Слуховые аппараты и аудиометры.— М.: Энергия, 1975.
2. Муравин В. Д. Слуховые аппараты.— В помощь радиолюбителю. Вып. 58, 1977.
3. Алексеев Г. В. Некоторые методы подключения мостовых усилителей мощности к предусилителю.— Полупроводниковая электроника в технике связи. Вып. 21, 1981.
4. Маклюков М. *RC*-фильтры с плоскими частотными характеристиками.— Радио, 1968, № 7.
5. Кареев В., Терехов С. Операционные усилители в активных *RC*-фильтрах.— Радио, 1977, № 8.

АВТОЛЮБИТЕЛЯМ

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ АВТОМОБИЛЯ

А. Кузема

Применение электронных систем и устройств для управления и регулирования различных процессов в автомобиле позволяет упростить его обслуживание, улучшить рабочие характеристики его механизмов, повысить надежность работы и безопасность езды, разгрузить водителя и предоставить ему нужную информацию в наглядной форме.

Ниже приведены описания электронных устройств, которые могут быть установлены на автомобиле.

Автомобильный индикатор напряжения

Предлагаемое устройство позволяет с достаточной точностью определить напряжение в бортовой сети автомобиля и может быть использовано при зарядке аккумуляторных батарей. В качестве индикатора применен один светодиод зеленого свечения, характер свечения определяет три уровня напряжения сети: менее 12 В — ниже нормы — прерывистые редкие вспыхивания светодиода, 12...14 В — нормальное напряжение — постоянное свечение, более 14 В — выше нормы — прерывистые частые вспыхивания. Такой информации достаточно для объективной оценки состояния бортовой сети.

Наличие одного элемента индикации выгодно отличает данное устройство от описанных ранее * и промышленных индикаторов типа «Светлячок», «Тиса» и других, где применяется две — четыре информационные лампы.

Индикатор крепится на устройстве или может быть выносным и устанавливаться отдельно на приборном щитке. Принципиальная схема приведена на рис. 1.

---

* Челебаев Н. Трехуровневый индикатор напряжения.— Радио, 1977, № 2, с. 29.

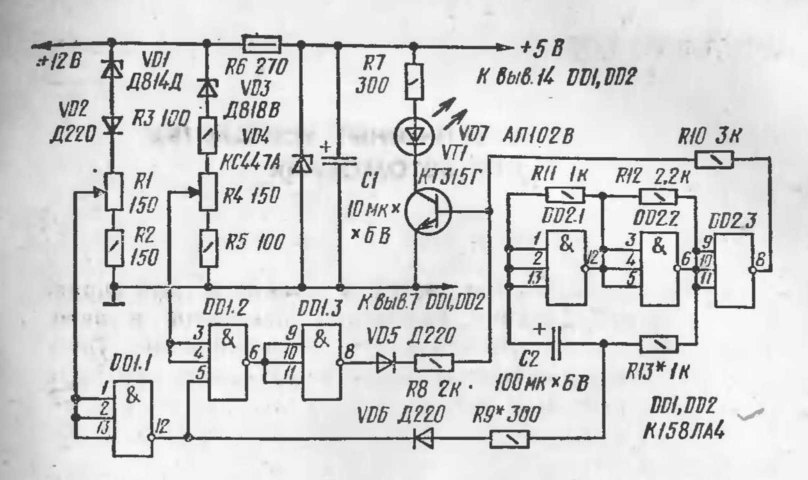


Рис. 1. Автомобильный индикатор напряжения

Устройство состоит из генератора импульсов на элементах *DD2.1*, *DD2.2*, логических элементов *DD1*, порогового устройства на стабилитронах *VD1* и *VD3*, определяющих контролируемые уровни напряжения, выходного транзистора *VT1* со светодиодом *VD7* и параметрического стабилизатора напряжения на элементах *VD4*, *R6*, *C1* для питания микросхем и схемы индикации. Индикатор работает следующим образом.

При подаче напряжения генератор, частота импульсов выходного напряжения которого задается элементами *R11*, *R12*, *R13* и *C2*, через инвертор *DD2.3* переключает транзистор *VT1*, в коллекторную цепь которого включен светодиод *VD7*. Когда напряжение в бортовой сети меньше 12 В, вспышки светодиода будут редкими с частотой около 1 Гц, стабилитроны *VD1* и *VD3* закрыты и входы элементов *DD1.1* и *DD1.2* подключены через малое сопротивление резисторов *R1*, *R2* и *R4*, *R5* в общей шине питания. На выходе этих элементов устанавливается логическая 1, а на выходе *DD1.3* — логический 0.

Диоды *VD5* и *VD6* закрыты.

При увеличении напряжения сети до уровня стабилизации стабилитрона *VD3* (более 12 В) последний открывается и подает высокий логический уровень на вход элемента *DD1.2*. Элементы *DD1.2*, *DD1.3* переключаются и высоким логическим уровнем с выхода *DD1.3*

через цепь *VD5*, *R8* открывается транзистор *VT1* — светодиод излучает постоянный свет.

При дальнейшем повышении напряжения (более 14 В) открывается стабилитрон *VD1* и переключает элемент *DD1.1*, с выхода которого логический 0 подает запрет на *DD1.2*, открывает диод *VD6* и через резистор *R9* частично шунтирует частотно-задающую цепь генератора, увеличивая его частоту. Переключившиеся элементы *DD1.2*, *DD1.3* снимают с базы транзистора высокий уровень от *DD1.3* и импульсы генератора через инвертор *DD2.3* переключают его с повышенной (3 Гц) частотой.

При снижении напряжения процесс переключения режима индикации происходит в обратном порядке.

Уровни индицируемых напряжений устанавливаются переменными резисторами *R1* в пределах 13,5...15 В и *R4* — 11,5...13 В.

Настройка индикатора сводится к подбору резисторов *R9*, *R13* в пределах от 150 до 400 Ом и от 500 Ом до 2 кОм соответственно для получения наглядного соотношения между малой и большой частотой переключения светодиода.

Ток, потребляемый индикатором при напряжении 15 В, равен 70 мА.

В устройстве можно применить микросхемы серии К133 и К155, использовав элементы ЛА3, ЛА4, ЛА8, но в этом случае потребуется изменение номиналов частотно-задающих элементов генератора.

Опорные стабилитроны *VD1* и *VD3* можно заменить на КС210Б, КС213Б или Д811, Д813. Применение последних потребует дополнительной температурной компенсации напряжений стабилизации.

Все резисторы МЛТ, переменные — СПЗ-22а, конденсаторы К50-6.

Сигнализатор ручного тормоза

Оповещение водителя о нарушении герметичности гидросистемы тормозных механизмов колес и включении ручного тормоза автомобиля «Москвич-2140» производится с помощью одной сигнальной лампы, установленной на панели приборов. При включении ручного тормоза лампа загорается постоянным светом, что не всегда привлекает внимание водителя в отличие от мигающего,

и зачастую даже опытные водители забывают выключить ручной тормоз при трогании и движении автомобиля. Это вызывает повышенный износ тормозных накладок, дополнительную нагрузку на двигатель и нарушение регулировки системы привода ручного тормоза.

Предлагаемое устройство предназначено для подачи прерывистого звукового и светового сигнала водителю при трогании автомобиля с включенным ручным тормозом. Схема его подключения показана на примере автомобиля «Москвич-2140», но может быть выполнена на других моделях автомашин.

Устройство, схема которого показана на рис. 2, состоит из звукового генератора, собранного на транзисторах *VT1*, *VT2*, мультивибратора на транзисторах *VT3*, *VT4* (обмотка реле *K1* включена в цепь коллектора *VT3*); дополнительного выключателя *SB2* и штатных элементов электрооборудования — ключа зажигания *SA1*, датчика *SP* герметичности гидропривода тормозов, выключателя *SB1* сигнальной лампы ручного тормоза и сигнальной лампы *HL*.

Выключатель *SB2* установлен под педалью сцепления по аналогии с выключателем стоп-сигнала педали

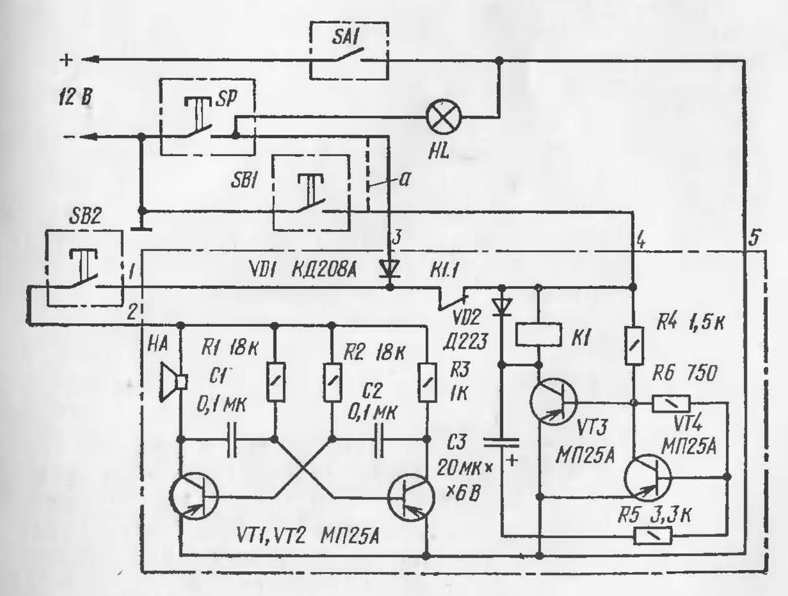


Рис. 2. Сигнализатор ручного тормоза

ножного тормоза. При нажатии на педаль сцепления контакты выключателя *SB2* замыкаются, при отпускании — размыкаются.

Работает устройство следующим образом. При включенном замке зажигания *SA1* напряжение питания +12 В подается на лампу *HL* и клемму *5* устройства. Замыканием контактов выключателя *SB1* (ручной тормоз включен) мультивибратор и сигнальная лампа подключаются к отрицательной шине питания по цепи: —12 В, замкнутые контакты выключателя *SB1*, клемма *4* устройства, нормально замкнутые контакты *K1.1*, выключатель *SB2* и через диод *VD1* на лампу *HL*. Мультивибратор начинает работать.

Включаясь с частотой 1...2 Гц, реле *K1* своим нормально замкнутым контактом *K1.1* коммутирует цепь питания лампы, а при замкнутых контактах выключателя *SB2* (педаль сцепления нажата) — и цепь питания звукового генератора.

Лампа и генератор «выдают» прерывистый световой и звуковой сигнал соответственно. При размыкании контактов выключателя *SB1* (ручной тормоз выключен) лампа и мультивибратор обесточиваются.

При срабатывании выключателя *SP* (нарушена герметичность гидропривода) сигнальная лампа будет излучать постоянный свет как и обычно при данной неисправности. Индикация же включенного состояния ручного тормоза при нажатой педали сцепления будет прежней — прерывистый звуковой сигнал. Это достигается разделением цепи выключателя *SP* и отрицательной шины питания устройства встречно включенным диодом *VD1*, т. е. —12 В может подводиться к устройству только через клемму *4* и замыкание контактов выключателя *SP* не влияет на работу устройства.

В табл. 1 показаны состояния индикаторов при действиях водителя ручным тормозом (переключатель *SB1*) и педалью сцепления (переключатель *SB2*) при трогании и движении автомобиля с нормальной и нарушенной герметичностью гидропривода тормозов.

Устройство подключается клеммами *1*, *2* к выключателю *SB2* педали сцепления, клеммой *3* — к освободившемуся от проводника (*a*) контакту выключателя *SP* (см. рис. 2). Отключенный проводник (*a*) выключателя *SB1* подсоединяется к клемме *4*, клемма *5* — к шине питания +12 В.

Таблица 1

Ситуация	Индикация	
	световая, *HL*	звуковая, *HA*
1 Питание отключено	0	0
Нормальная герметичность гидропривода тормозов		
2 Ручной тормоз включен, стоянка автомобиля	×	0
3 Трогание и движение автомобиля с выключенным ручным тормозом	0	0
4 Трогание автомобиля с включенным ручным тормозом	×	×
5 Движение автомобиля с включенным ручным тормозом	×	0
Нарушение герметичности гидропривода тормоза		
6 Ручной тормоз включен (выключен), стоянка автомобиля	+	0
7 Трогание и движение автомобиля с выключенным ручным тормозом	+	0
8 Трогание автомобиля с включенным ручным тормозом	+	×
9 Движение автомобиля с включенным ручным тормозом	+	0

Примечание: 0 — индикация отсутствует; × — индикация прерывистая; + — индикация постоянная.

В устройстве использованы транзисторы МП25 со статическим коэффициентом передачи тока 20...35, конденсаторы — *C1*, *C2* — МБМ, *C3* — К50-6, резисторы МЛТ, реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.003.П2), звуковой излучатель — капсуль ДЭМШ-1А, выключатель *SB2* — микропереключатель МП-1 с соответствующими элементами крепления.

Вместо указанных можно применить транзисторы МП26, МП39, МП40 с коэффициентом передачи тока не менее 20, диоды Д7А, Д226 и Д220, Д9Ж, Е, реле любого типа на ток срабатывания не более 30...50 мА и напряжение питания 12 В.

Правильно собранное и подключенное устройство в настройке не нуждается. Все его элементы расположены на печатной плате и помещены в металлический корпус.

Монтаж и взаимное расположение полупроводниковых элементов некритичны. Габариты зависят в основном от типа применяемого реле и звукового излучателя.

Длительная эксплуатация устройства показала его надежность, удобство и необходимость.

Регулятор тактов стеклоочистителя

Современные автомобили оборудованы стеклоочистителем, который может работать в непрерывном и пульсирующем режиме движения щеток. Второй режим очень удобен при моросящем дожде и слабом снеге, но автомобили ранних выпусков и некоторые современные модели, например «Москвич-2140», не имеют пульсирующего режима, что создает определенные неудобства при их эксплуатации.

Предлагаемое устройство позволяет получить регулируемый пульсирующий режим работы стеклоочистителя. В отличие от ранее опубликованных устройств, применяющих дополнительные выключатели и электромагнитные реле, этот регулятор рассчитан на использование штатного переключателя режимов работы стеклоочистителя и является бесконтактным. Подключение схемы к переключателю не изменяет существующих режимов работы щеток (быстрый, медленный), а только задает паузу между тактами этих режимов. Пауза задается переменным резистором, ручка которого выведена на лицевую панель приборов.

Устройство, схема которого приведена на рис. 3, состоит из тиристорного ключа *VS1*, генератора импульсов на однопереходном транзисторе *VT2* с элементами *C2*, *R5—R8*, блока первоначального включения тиристора — *VT1*, *C1*, *VД2*, *R1—R4*, элементов защиты схемы от ЭДС самоиндукции — диода *VD1* и конденсатора *C3*.

Работает устройство следующим образом. В исходном состоянии переключатель *SA1* выключен, прибор обесточен, контакт *SF1* разомкнут, конденсатор *C1* заряжен до напряжения бортовой сети, цепь зарядки *C1* следующая: +12 В, обмотка возбуждения (ОВ), *C1*, *VD2*, *R1*, общая шина.

При включении переключателя *SA1* замыкаются его контакты *1*, *3*, подавая напряжение питания и одновременно подключая заряженный конденсатор *C1* к пере-

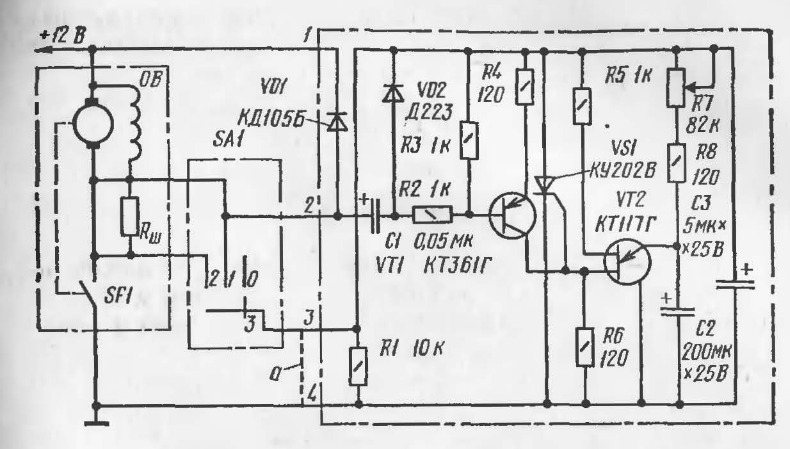


Рис. 3. Регулятор тактов стеклоочистителя

ходу база — эмиттер транзистора *VT1*, который открывается на время разрядки этого конденсатора и включает тиристор *VS1*. Электродвигатель стеклоочистителя включается, замыкает свой контакт *SF1*, механически связанный с ним, и одновременно шунтирует цепь питания генератора и тиристор, последний закрывается, а двигатель остается включенным с помощью контакта *SF1*.

После двойного хода щеток контакт *SF1* размыкается и двигатель отключается. С этого момента устройство вновь получает питание через обмотку двигателя и обмотку возбуждения. Конденсатор *C2* генератора начинает заряжаться через резисторы *R7* и *R8*, а конденсатор *C1* и его цепь зарядки с диодом *VД2* зашунтированы контактами *1*, *3* переключателя, транзистор *VT1* закрыт. При достижении порогового напряжения на конденсаторе *C2* транзистор *VT2* открывается, открывает тиристор, и цикл повторяется. Время зарядки конденсатора *C2* в основном определяется сопротивлением переменного резистора *R7*. Когда сопротивление резистора *R7* минимально, то время зарядки мало — стеклоочиститель работает непрерывно. При максимальном сопротивлении резистора время зарядки конденсатора *C2* максимально — стеклоочиститель совершает цикл за 15 с. Изменением сопротивления резистора *R7* устанавливают желаемый режим работы стеклоочистителя в интервале 0... 15 с.

После выключения переключателя *SA1* размыкаются контакты *1*, *3* и конденсатор *C1* заряжается до напряжения бортовой сети, при повторном включении переключателя транзистор *VT1* вновь включит тиристор.

Таким образом, первый такт работы щеток всегда будет происходить сразу же после включения переключателя, второй и последующие — будут повторяться в зависимости от положения движка переменного резистора *R7* на данный момент. Введение в схему транзистора *VT1* с перечисленными выше элементами позволило однократно включать тиристор независимо от положения движка переменного резистора *R7* при каждом очередном включении переключателя режима. При включении переключателя *SA1* во второе положение (контакты *2*, *3* замкнуты) — режим быстрого движения щеток — все процессы включения двигателя, формирования паузы и его отключения аналогичны описанным.

Подключение схемы — четырехпроводное. Клеммы *3*, *4* устройства подключаются в разрыв общего провода (*а*) переключателя (см. схему), клемма *2* — вывод конденсатора *C1* — к контакту *1* переключателя — малая скорость электродвигателя, клемма *1* — к шине питания +12 В.

Все элементы размещены на печатной плате, помещены в пластмассовый корпус и закреплены на переменном резисторе *R7*, являющемся одновременно элементом крепления устройства на приборном щитке.

В устройстве применены резисторы МЛТ, переменный резистор СП-1, конденсаторы: *C2*, *C3* — К50-6, *C1* — МБМ; диоды — *VD1* — Д223, *VD2* — КД105Б.

Установка тиристора на радиатор не обязательна. Устройство некритично к замене полупроводниковых элементов.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ТРИ НАПРЯЖЕНИЯ ОТ ОДНОЙ «КРОНЫ»

В. Ефремов, В. Федько

Применение в переносной аппаратуре операционных усилителей (ОУ) сразу же ставит задачу — каким образом запитать их двуполярным напряжением +15 В. Подобный вопрос возникает потому, что в справочных материалах параметры большинства ОУ приведены именно для этих питающих напряжений, и у многих радиолюбителей создается впечатление, что ОУ могут хорошо работать лишь в таком режиме. В большинстве радиолюбительских устройств на ОУ также подается двуполярное напряжение ±15 В. Но если внимательно изучить технические данные на ОУ, обнаружится, что нижний предел рабочих напряжений для большинства ОУ составляет ±5...6 В. Так, для микросхем широкого применения К140УД6 и К140УД7 минимальное напряжение питания равно ±5 В, а для маломощного ОУ К140УД12 этот предел составляет ±1,5 В (см. Кудряшов Б. П. Аналоговые интегральные микросхемы: Справочник.— М.: Радио и связь, 1981).

При снижении уровня питающего напряжения уменьшается ток, потребляемый ОУ,— это тоже упрощает проблему источника питания для переносной аппаратуры. Для большинства ОУ при питании напряжением ±5 В потребляемый ток уменьшается примерно в 3 раза по сравнению с питанием напряжением ±15 В. Разумеется, снижение питающего напряжения ведет к изменению и других параметров ОУ, но эти отклонения обычно не сказываются на работе схемы. В качестве источника питания переносных приборов удобно применить батарею «Крона-ВЦ» или «Корунд» напряжением 9 В, а двуполярное питание +5,5 и —4,8 В получить с помощью устройства, описываемого ниже. Напряжение +5,5 В стабилизированное, оно предназначено не только для питания ОУ, но может быть использовано для цифровых микросхем серий К134, К176, К561. Узел

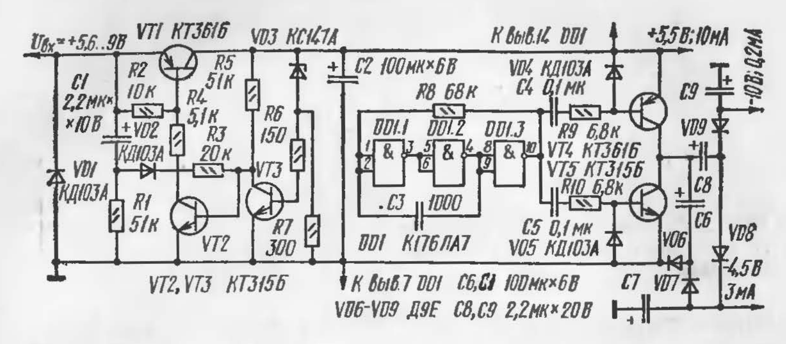


Рис. 1. Принцнпиальная схема узла питания

питания выдает еще и напряжение —10 В, которое при необходимости используется для управления электронными коммутаторами на полевых транзисторах серий К168 и К190.

Асимметрия питающих напряжений для ОУ практически не влияет на работу микросхемы, так как коэффициент влияния нестабильности источников питания для ОУ не превышает —60 дБ. Узел питания отличается наличием стабилизированного напряжения и малым потреблением тока без нагрузки. КПД зависит от входного напряжения и составляет 0,4...0,5.

Схема узла питания приведена на рис. 1. Он состоит из стабилизатора напряжения положительной полярности и импульсного преобразователя.

Стабилизатор положительного напряжения содержит двухкаскадный усилитель постоянного тока (транзисторы *VT2* и *VT3*), в котором опорный стабилитрон включен в цепь базы транзистора *VT3*. Питание опорного элемента выходным стабилизированным напряжением позволяет получить высокий коэффициент стабилизации по напряжению (более 500) при незначительном выходном сопротивлении (не более 0,2 Ом). Регулирующим элементом стабилизатора является *p-n-p* транзистор *VT1*, поэтому режим стабилизации при токах нагрузки до 20 мА наступает при напряжении на входе стабилизатора всего на 0,05...0,1 В больше выходного. При включении питания стабилизатор выходит на рабочий режим благодаря цепочке элементов *C1*, *R1*, *VD2*, *R3*. При этом ток зарядки конденсатора *C1* проходит по цепи запуска: *VD2*, *R3*, переход база — эмиттер транзистора *VT2* и вы-

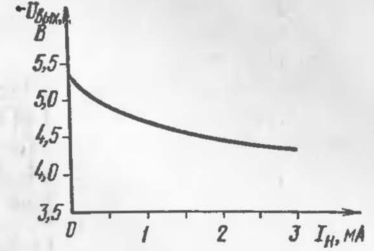


Рис. 2. Зависимость отрицательного выходиого напряжеиня от тока нагрузкн

водит транзисторы *VT1* и *VT3* на рабочий режим. Стабилизатор обладает защитой от короткого замыкания.

Импульсный преобразователь содержит генератор, выходной транзисторный каскад и емкостный умножитель напряжения. Исходя из соображений экономичности генератор собран на микросхеме *DD1* типа КМОП. Выходное напряжение генератора представляет собой импульсный меандр с частотой около 10 кГц. Оно подается на базы транзисторов *VT4* и *VT5* выходного каскада и поочередно переводит их в открытое состояние. Когда открыт транзистор *VT4*, происходит зарядка конденсатора *C6* через этот транзистор и диод *VD6*. В следующий полупериод импульсного напряжения генератора открывается транзистор *VT5* и конденсатор *C6*, разряжаясь через него и диод *VD7*, передает энергию на конденсатор *C7*. В результате конденсатор *C7* заряжается примерно до выходного напряжения стабилизатора. При открытом *VT4* происходит зарядка конденсатора *C8* по цепи: $+U_{стаб}$, *VT4*, *C8*, *VД8*, *C7*, общая шина. В этой цепи имеются два последовательно включенных источника напряжений: $U_{стаб}$ и U_{C7}. Следовательно, конденсатор *C8* будет заряжаться примерно до напряжения $U_{C8} \approx$ $\approx U_{стаб}+U_{C7} \approx 10$ В. Это напряжение при открывании транзистора *VT5* через диод *VD9* передается на выходной конденсатор *C9*. При каждом цикле перезарядки конденсаторов умножителя напряжения происходит потеря напряжения на диодах и на открытых транзисторах *VT4* и *VT5*, поэтому выходное напряжение с увеличением тока нагрузки уменьшается. Эта зависимость для отрицательного напряжения —4,5 В представлена на рис. 2.

В режиме холостого хода, когда нагрузочный ток равен нулю, напряжение отрицательной полярности для двух выходов имеет значение —5,3 и —10,2 В. В этом режиме преобразователь потребляет ток, равный 0,3...

0,4 мА. Вследствие того, что преобразователь питается стабилизированным напряжением, напряжение на его выходах зависит только от сопротивления нагрузки, т. е. при постоянной нагрузке отрицательное выходное напряжение будет неизменным. Коэффициент полезного действия описанного импульсного преобразователя при токе нагрузки $I_н$, равном 3 мА, достигает значения 0,7, но при отклонении от этого значения на ±2 мА снижается до 0,6. Амплитуда пульсаций выходного напряжения под нагрузкой не превышает 10 мВ.

Конструктивно узел питания лучше всего выполнить на печатной плате той схемы, которую он питает, поэтому разводка печатной платы узла питания не приводится. Площадь, занимаемая элементами схемы, не превышает 12 см². В ней используются резисторы МЛТ-0,125 и малогабаритные конденсаторы *C1*, *C8*, *C9* К53-1; *C3* — *C5* — КМ; *C2*, *C6*, *C7* — К52-1Б.

Описанный узел питания отличается простотой, которая исключает какие-либо наладочные работы после монтажа. Если выходное стабилизированное положительное напряжение отличается от номинального значения более чем на 5 %, его выставляют, подбирая стабилитрон *VD3*. Критериями исправности узла питания являются наличие выходных напряжений и ток холостого хода, не превышающий 2,5 мА.

Литература

Кудряшов Б. П. и др. Аналоговые интегральные микросхемы: Справочник.— М.: Радио и связь, 1981.

Ходаковский Е. Преобразователь полярности напряжения.— Радио, 1984, № 7, с. 48—49.

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

УЗЧ ТРАНЗИСТОРНОГО ПРИЕМНИКА

Б. Григорьев

Этот усилитель мощности звуковых частот можно использовать в транзисторных радиовещательных или связных приемниках, а также в приемном тракте коротковолновых или ультракоротковолновых трансиверов. Максимальная выходная мощность усилителя 250...300 мВт. Номинальное сопротивление нагрузки (это могут быть динамическая головка прямого излучения или низкоомные головные телефоны) может лежать в пределах 10...50 Ом. При бóльших или меньших сопротивлениях нагрузки будет падать максимальная выходная мощность усилителя. Остальные параметры УЗЧ (полоса пропускания, уровень собственных шумов на его выходе и др.) зависят от того, какой необходимо иметь коэффициент усиления. О его выборе и влиянии на эти параметры будет сказано ниже.

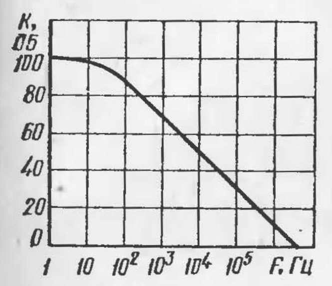


Рис. 1. Принципиальная схема УЗЧ

Принципиальная схема усилителя мощности звуковых частот приведена на рис. 1. Он состоит из каскада на операционном усилителе *DA1* и двухтактного эмиттерного повторителя на транзисторах *VT1* и *VT2*. Отрицательная обратная связь по постоянному и переменному току охватывает (через резистор *R4*) оба каскада УЗЧ. Коэффициент усиления устройства в целом определяется только отношением сопротивлений резисторов *R4* и *R3*, и,

следовательно, его легко можно при необходимости варьировать в весьма широких пределах подбором одного из них (любого). При номиналах этих резисторов, указанных на принципиальной схеме, он будет около 1000.

Режим работы УЗЧ по постоянному току задает делитель на резисторах *R1* и *R2*. Для получения максимальной выходной мощности напряжение (постоянное) на эмиттерных выводах транзисторов *VT1* и *VT2* должно составлять примерно половину от напряжения питания устройства, поэтому сопротивления этих резисторов выбраны равными.

Выходные транзисторы работают в режиме В. Напряжение смещения между базами транзисторов *VT1* и *VT2* создается выходным током операционного усилителя, протекающим через резистор *R5*. Это напряжение (а, следовательно, и ток покоя выходных транзисторов) устанавливают подбором либо этого резистора, либо резистора *R6*.

Нижняя граница полосы пропускания определяется постоянными времени трех *RC* цепей: *C1* — входное сопротивление усилителя, *C2R3* и *C4* — сопротивление нагрузки усилителя. При указанных на схеме номиналах элементов и сопротивлении нагрузки 10 Ом она будет примерно 50 Гц.

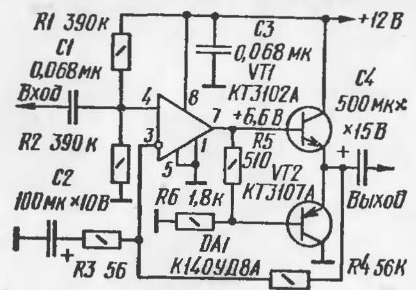


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика ОУ К140УД8

Верхняя граница полосы пропускания УЗЧ во многом определяется его коэффициентом усиления. На рис. 2 приведена типовая амплитудно-частотная характеристика операционного усилителя К140УД8. Подобную АЧХ имеют многие операционные усилители с внутренней коррекцией — К140УД7, К544УД1 и др. Видно, что полоса пропускания ОУ по уровню -3 дБ составляет всего несколько десятков герц. При замыкании петли отрицательной обратной связи коэффициент усиления каскада

на ОУ будет уменьшаться, а полоса пропускания расширяться. Так, при К=1000 верхняя граница полосы пропускания будет примерно 3 кГц, что вполне достаточно для спортивной связной аппаратуры. В радиовещательном приемнике (даже малогабаритном, транзисторном) от УЗЧ требуется, чтобы он эффективно усиливал частоты по крайней мере до 8...10 кГц. А это означает, что нельзя в данном случае использовать коэффициент усиления более 300. На практике их следует выбирать еще меньше. Дело в том, что при значениях коэффициента усиления, близких к предельным (по допустимому значению полосы пропускания), глубина обратной связи будет заметно падать (так как коэффициенты усиления ОУ при замкнутой и разомкнутой петле обратной связи примерно равны) и могут возрасти нелинейные искажения на высших звуковых частотах. В некоторых случаях, правда, это вполне допустимо. Например, в УЗЧ связного приемника вполне приемлем коэффициент гармоник 1...3 процента, что легко реализуется даже при коэффициенте усиления, близком к предельному (около 1000).

Уровень шумов на выходе зависит от шумовых характеристик ОУ и коэффициента усиления устройства. У операционного усилителя К140УД8, например, шумы, приведенные ко входу, около 3 мкВ (в полосе частот 20...10 000 Гц), поэтому для УЗЧ связного приемника с К=1000 уровень шумов на выходе не будет превышать 3 мВ.

В усилителе можно применить любые общецелевые ОУ с внутренней коррекцией АЧХ. Но, разумеется, можно использовать и ОУ без такой коррекции. В этом случае схему УЗЧ следует дополнить типовыми (для данного коэффициента усиления устройства) элементами коррекции. Транзисторы *VT1* и *VT2* — любые кремниевые структуры, соответственно *n-p-n* и *p-n-p* с максимальной мощностью, рассеиваемой коллектором, не менее 150 мВт. Статический коэффициент передачи тока у этих транзисторов должен быть не менее 50.

Налаживание усилителя, изготовленного из исправных деталей и без ошибок в монтаже, сводится к установке тока покоя выходных транзисторов (типичное значение 5 мА). Лучше всего это сделать, контролируя выходной сигнал усилителя осциллографом. Ток покоя следует увеличивать до тех пор, пока не исчезнут искажения типа «ступенька».

Если усилитель предполагается питать от батарей (например, в переносной аппаратуре), то резистор *R5* целесообразно заменить на два включенных последовательно кремниевых диода (любые малой мощности — КД503, КД521 и т. д.). Положительным выводом цепочку подключают к выходу ОУ. При этом номинал резистора *R6*, обеспечивающий оптимальный ток покоя выходных транзисторов, может существенно отличаться от приведенного на схеме. Этот резистор следует подобрать заново.

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Стеклянная макетная плата

В заметке В. Забияко и Л. Эстриной «Вместо припоя — клей» (Радио, 1978, № 7, с. 44) был описан интересный способ соединения деталей. Один из вариантов его применения описан ниже.

Макетировать радиолюбительские высокочастотные и высокоомные цепи и устройства очень удобно на стеклянной плате. Для этой цели подойдет пластина подходящих размеров из обычного оконного стекла толщиной 2...3 мм. Поверхность стекла промывают водой с мылом и высушивают. Чтобы не порезать руки, острые кромки пластины следует притупить грубой наждачной бумагой.

На место предполагаемой пайки (монтажной площадки) наносят каплю клея БФ-2. На жало хорошо прогретого паяльника набирают возможно больше припоя, переносят его к плате и касаются жалом клеевой капли. После прекращения кипения клея жало снимают — и монтажная площадка готова. К ней можно припаивать выводы деталей. Практика показала, что такая площадка выдерживает без отслаивания несколько (до 10) паек, однако в случае необходимости ее легко удалить с помощью ножа с острым концом или пинцета.

В. Кетнерс

Удаление защитной краски

Обычно после травления платы защитное лакокрасочное покрытие с нее смывают ацетоном или счищают наждачной бумагой. Механический способ сопряжен с выделением вредной для здоровья пыли и приводит к истончению и без того тонких печатных проводников.

Для смывания краски ацетоном чаще всего пользуются ватным или тканевым тампоном, которым протирают плату. При этом краска размазывается по всей поверхности платы, ацетон довольно быстро испаряется. В результате приходится много раз менять тампон, расходовать большое количество ацетона, что заставляет работать на открытом воздухе.

Смыть краску будет намного легче, если пропитанный ацетоном тампон смочить еще и водой. Если плата не слишком большая, то для выполнения работы может хватить одного тампона. Качество очистки — очень хорошее.

А. Мруга,
Д. Щербаков

Монтаж микросхем при макетировании

Макетирование радиоэлектронных устройств с использованием микросхем с короткими жесткими выводами — процесс очень трудоемкий, особенно при отсутствии специальных панелей и макетных плат. Выводы микросхемы приходится удлинять путем подпайки проводников. Микросхемы с жесткими выводами (серия К155 и др.) удобно монтировать способом, описанным ниже.

Сначала удлиняют выводы микросхемы. Для этого потребуется многожильный монтажный провод ПВХ с наружным диаметром примерно 1,5 мм. Готовят необходимое число отрезков провода нужной длины. Один конец у них зачищают и облуживают для пайки на плату. Другим концом аккуратно надевают на выводы микросхемы таким образом, чтобы вывод проходил внутри пучка проводников. Если вывод входит слишком туго, достаточно пинцетом слегка размять конец провода. Свободные концы проводников впаивают в отверстия платы.

Полученный контакт вполне надежен и механически прочен. Выводы микросхемы не повреждаются, нет опас-

ности ее перегреть. На подготовку одной микросхемы с 14—16 выводами уходит около 2 мин. При необходимости микросхему легко заменить другой — достаточно снять проводники с выводов одной микросхемы и надеть на выводы другой. Как показывает опыт, проводники могут быть использованы многократно. Нужно только время от времени подрезать кусачками концы удлиняющих проводников.

А. Ерошов
Радио, 1984, № 11

СОДЕРЖАНИЕ

Научно-популярное издание

В ПОМОЩЬ РАДИОЛЮБИТЕЛЮ
Выпуск 93

Составитель НИКОЛАЙ ФЕДОРОВИЧ НАЗАРОВ

Заведующий редакцией А. В. Куценко
Редактор М. Е. Орехова
Художник В. А. Клочков
Художественный редактор Т. А. Хитрова
Технический редактор В. Н. Кошелева
Корректор В. Д. Синева

ИБ № 1938
Сдано в набор 11.06.85 г. Подписано в печать 06.02.86 г. Г-93535. Формат 84×108 1/32. Бумага тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. п. л. 4,2. Усл. кр.-отт. 4,52. Уч.-изд. л. 4,03. Тираж 950 000 экз. Зак. № 5—2411. Цена 30 к.

Ордена «Знак Почета» издательство ДОСААФ СССР.
129110, Москва, Олимпийский просп., 22.

Головное предприятие республиканского производственного объединения «Полиграфкнига». 252057, Киев, ул. Довженко, 3.